

**Conseil Général du Var – Direction de l’Environnement
Service Rivières et Milieux Aquatiques
Syndicat Intercommunal d’Aménagement de la Nartuby**

**Crue du 15-16 juin 2010
Expertise post-crue**

Tome 2

La Nartuby

Mars 2011

**ETRM
V. Koulinki**

P. Lefort

Introduction

1. Présentation générale

L'expertise post crue qui fait l'objet de la présente étude nous a été demandée par le département du Var et le Syndicat Intercommunal d'Aménagement de la Nartuby. Son but est de déterminer un programme de travaux hiérarchisés en fonction de l'urgence.

Le 15 juin 2010, des pluies orageuses d'une exceptionnelle intensité s'attardent sur les bassins versants des affluents de l'Argens autour de Draguignan et des Arcs : Aille, Florièye, Réal, Nartuby et plus localement Endre ; du Luc au Muy, des Maures aux reliefs calcaires de Comps à Vérignon, ce périmètre subit des pluies approchant ou dépassant 300 mm, et même 400 mm à Lorgues, Taradeau ou aux Arcs dans la seule journée du 15 juin; ces valeurs sont très supérieures au maximum de 200 mm enregistré jusqu'alors.

Maisons emportées ou dégradées, ponts détruits ou contournés, lits bouleversés, ripisylves arrachées, digues emportées, campings dévastés, inondations dépassant les niveaux des plans de prévention du risque inondation (PPRI) : l'excès des dommages témoigne à la fois de l'ampleur et de la rareté du phénomène qui a endeuillé ces vallées.

Mais cet excès conduit à s'interroger : les aménagements humains ont-ils aggravé les dommages ? Les voies de communication, l'habitat, les ouvrages hydrauliques, y compris ceux prévus pour se prémunir du risque inondation, ont-ils contribué à l'aggravation des dommages aux tiers et même aux pertes de vie humaines ?

La proposition des travaux de remise en état doit avoir pour préalable la compréhension des causes naturelles et celle des dysfonctionnements induits par l'homme. Des travaux engagés après la crue prématurément par des personnes privées, même ceux qualifiés plus ou moins sincèrement de « reconstruction à l'identique » peuvent reproduire des causes de désordres que seule une analyse globale révélera.

Il ne saurait donc être question d'ignorer les enseignements de ce désastre ; si son énormité ne permet pas d'envisager des solutions à tous les désordres constatés, elle facilitera l'analyse des dysfonctionnements liés aux actions humaines et permettra d'y remédier en proposant des travaux proportionnés à la gravité et à la fréquence du risque encouru.

Les différentes solutions de travaux seront préconisées en appréciant leur intérêt au regard des critères suivants :

Contraintes hydrauliques de non aggravation du risque.

Diminution de la vulnérabilité des usages et enjeux riverains.

Impact des travaux sur le fonctionnement des cours d'eau.

Compatibilité avec le SDAGE.

Compatibilité avec les documents de planification existants.

2. Déroulement de l'expertise

La reconnaissance du terrain s'est déroulée en deux étapes :

Réunion de démarrage de l'étude à Toulon le 2 septembre.

Reconnaissance du terrain et rencontre avec les élus au cours des deux premières semaines de septembre.

Achèvement des travaux de terrain durant la semaine du 13 octobre ; rencontre et échanges sur le débit maximum de la crue avec le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) le Centre d'Études Techniques de l'Équipement (CETE) et le Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie et Environnement (LTHE) dans le cadre du « retour d'expérience » organisé par le Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Inondations (SCHAPI).

Travaux topographiques effectués par les cabinets Claret sur la Nartuby et Opsia sur l'Argens et la Florièye entre le 15 octobre et le 15 janvier 2011.

Présentation des premiers résultats de l'expertise au cours de deux réunions les 10 et 24 novembre.

Reconnaissances complémentaires la dernière semaine de décembre.

3. Plan du rapport

Le tome 1 présente une analyse hydrologique de la crue de juin 2010. Il analyse successivement :

Les pluies génératrices de l'événement aux pluviomètres et pluviographes.

L'estimation de la période de retour des précipitations.

La chronologie et les faits majeurs de la propagation de la crue.

L'estimation des débits maxima instantanés de diverses origines.

Évaluation de l'ordre de grandeur de la période de retour des crues.

Le tome 2 décrit sur la Nartuby les dommages, analyse leurs causes et discute les solutions envisageables sur les sites étudiés.

Sur chaque rivière, nous effectuons d'abord une analyse des problèmes rencontrés, puis nous discutons l'ordre d'urgence de chacune des solutions et les variantes envisageables.

Pour les actions de première urgence, nous proposons enfin par commune une définition des travaux.

Le chiffrage du coût des interventions de réparation des dégâts repérés est indiqué de façon à faciliter leur choix. Il s'agit principalement :

- Des ouvrages hydrauliques. Le coût est alors indicatif car souvent l'ampleur des travaux dépend du souhait du maître d'ouvrage. D'autre part, nous ne disposons pas d'un levé topographique permettant un métré précis. Il s'agit de coûts moyens susceptibles de fortes variations en fonction des conditions économiques locales au moment des travaux et des conditions de réalisation. Enfin les coûts annexes (fonciers, réseaux, voiries...) et les ouvrages spéciaux (ponts) ne sont pas pris en compte car beaucoup trop dépendant du contexte local ou des solutions techniques retenues.
- Des études hydrauliques indispensables qui devront impérativement être mises en œuvre pour la définition des aménagements les plus lourds, notamment dans la partie aval. Dans ce cas, il paraît illusoire de chiffrer des travaux qui ne sont pas définis.

4. Documents consultés

- 1) 1929 - Profil en long Argens – Documentation IGN
- 2) 1934 – Profil en long Nartuby - – Doc IGN
- 3) 1949 - Profil en long Aille - – Doc IGN
- 4) 1951 – Couverture photo IGN basse vallée Argens -
- 5) Juillet 1968 – Etude de l’empiètement et des ouvrages de l’autoroute A8 sur l’Argens et ses affluents – SETRA – SOGREAH
- 6) Janvier 1970 – Etude hydrologique et hydraulique des débordements de l’Argens dans les étangs de Villepey – Port de Saint Aygulf – SOGREAH
- 7) Juin 1974 – Déviation du CD 25 – Etude Hydraulique du franchissement de la Nartuby – DDE 83 - SOGREAH
- 8) Octobre 1977 – Délimitation des zones inondables de la basse vallée de l’Argens – SOGREAH
- 9) Septembre 1983 – Aménagement de la zone industrielle de Saint Hermentaire - DDE 1983
- 10) Décembre 1991 – Protection contre les crues de la basse vallée de l’Argens : analyse coûts/avantages de mesures de protection – Département du Var - SCP
- 11) Décembre 1996 – Etude des zones inondables de la Nartuby à Draguignan – ville de Draguignan – SOGREAH
- 12) Janvier 1997 – Erosion des berges de l’Argens en aval du Gué Romain – CMESE, secteur de Fréjus – P. Lefort
- 13) Novembre 1997 – Etude des zones inondables de la Nartuby à Trans – ville de Trans – SOGREAH
- 14) Août 1998 – Aménagement de la Nartuby : ponts d’Aups et de Lorgues – ville de Draguignan - SOGREAH
- 15) Décembre 1999 – Etude hydraulique sur la basse vallée de l’Argens – DDE 83 - BCEOM
- 16) Janvier 2001 - Etude des inondations sur le bassin versant de la Nartuby et des possibilités de maîtrise du phénomène – SIVU de la Nartuby – BCEOM
- 17) Juin 2005 – PPRI Trans – note de présentation – DDE 83
Juin 2005 – PPRI Draguignan – note de présentation – DDE 83
- 18) Décembre 2007 – Inondations du Caramy, du Riautord et de la Florièye : base documentaire de repères de crue historiques – DDE Var – Nouveaux Territoires
- 19) Avril 2010 – PPRI TARADEAU –Présentation (projet) - DDTM 83
- 20) Juin –juillet 2010- Revue de presse Var-Matin
- 21) Juillet 2010 – Expertise des berges de l’Argens suite aux inondations des 15 et 16 juin 2010 – SIACIA – Egis eau
- 22) Juillet 2010 – Commune de Taradeau – PPRI Florièye - mission post crue – DDTM - SAFEGE

- 23) Août 2010 – Fonctionnement hydrologique et inventaire des zones d'expansion de crue du bassin de l'Argens (provisoire) – Département du Var - Aquaconseil
- 24) Août 2010 – Pont de la Motte sur la Nartuby : visite d'appuis immergés – Département du Var - TECH OFFSHORE
- 25) Septembre 2010 – Etude pour la reconstruction des ouvrages hydrauliques suite à la crue de Juin 2010 – Ville des Arcs - ERG
- 26) Septembre 2010 – Recueil des laisses de la crue du 15 juin 2010 sur les communes du Muy, Roquebrune, Puget, Fréjus – DDTM 83 – Egis eau
- 27) Septembre 2010 – Recueil des laisses de la crue du 15 juin 2010 sur les communes de Draguignan, Trans , la Motte, le Muy – DDTM 83 – Egis eau
- 28) Octobre 2010 - Retour d'expérience des inondations survenues dans le département du Var les 15 et 16 juin 2010 – Mission Interministérielle - M. Rouzeau, X. Martin, J.C. Pauc
- 29) Octobre 2010 – Données Météo France – Pluies journalières maxima annuelles ; pluies horaires juin 2010 ; images radar
- 30) Novembre 2010 – Synthèse débits crue juin 2010 (provisoire) - LCPC
- 31) Novembre 2010 - Dimensions des ouvrages hydrauliques A8 – ESCOTA
- 32) Novembre 2010 – Fonds de plans et profils en travers Nartuby au Muy et Argens aval, aimablement communiqués par OPSIA
- 33) Novembre 2010 – Quantiles pluies SHYREG région Draguignan – contribution CEMAGREF AIX en Provence
- 34) Novembre 2010 – les inondations du 15 juin 2010 dans le Centre Var : réflexion sur un épisode exceptionnel – Claude MARTIN, études de Géographie Physique, n° XXXVII, 2010, p. 41-76
- 35) Novembre 2010 – Données banque HYDRO : débits et jaugeages
- 36) Novembre- janvier 2011 - Levés topographiques SIAN – Cabinet CLARET
- 37) Décembre–janvier 2011 – Levés topographiques Département du Var - OPSIA
- 38) Février 2011 – Site « Pluies extrêmes Météo France en France métropolitaine »- Division Climatologie de Météo-France

1. Nartuby en amont du Petit Plan

1.1. Généralités

1.1.1. Les débits maxima instantanés

A l'issue de la concertation entre hydrologues dans le cadre du retour d'expérience « Rex Var », l'accord s'est fait sur la fourchette suivante du débit maximum instantané de la Nartuby en juin 2010 (cf. tome 1) :

Rebouillon	300-460 m ³ /s
Pont d'Aups	360-450 m ³ /s
Trans	400-500 m ³ /s

Notre calcul des débits maxima de la crue de juin 2010 a donné en ces mêmes points les résultats suivants :

Rebouillon	400 m ³ /s
Pont d'Aups	440 m ³ /s
Trans	480 m ³ /s

L'analyse statistique des débits maxima instantanés annuels à Trans permet de proposer les valeurs suivantes (arrondies) des débits maxima annuels en fonction de leur période de retour à Rebouillon et Pont d'Aups :

Période de retour (ans)	5	10	20	50	100
	50	75	115	200	290
Pont d'Aups	55	80	125	220	315
Trans en Provence	60	90	140	240	350

La crue de juin 2010 aurait à Rebouillon une période de retour un peu inférieure à 200 ans.

1.1.2. Profil en long

Le profil en long constitue un élément clé de l'analyse des rivières et particulièrement du transport solide. En effet, le transport solide est directement lié à l'énergie de l'écoulement. Les variations de pente entraînent des évolutions de la capacité de transport de la rivière et donc des dépôts ou des érosions.

Le Service de Nivellement Général de la France a levé en 1934 pour le compte du Service des Grandes Forces Hydrauliques le cours de la Nartuby représenté ci dessous :

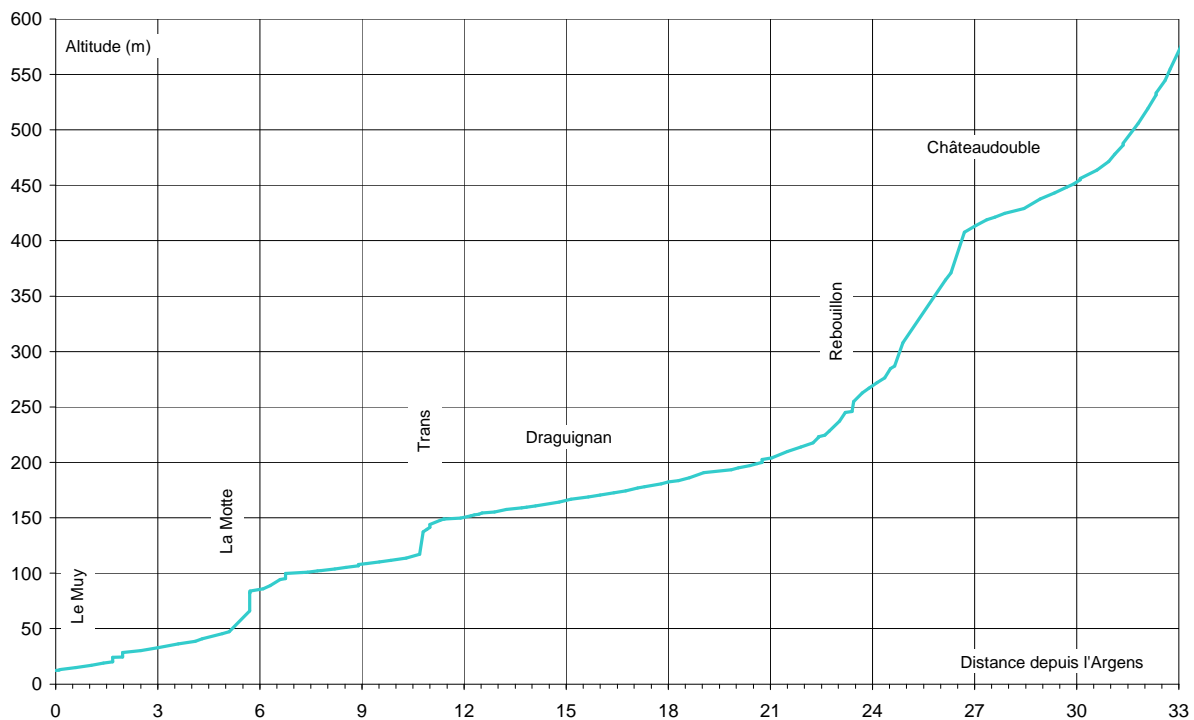


Figure 1 : Profil en long de la Nartuby.

Ce graphique montre un profil en long très irrégulier avec l'alternance de zones alluvionnaires à faible pente et de gorges rocheuses raides. Dans la partie amont, la Nartuby présente d'abord une rapide réduction de pente. Elle draine - en amont de Montferrat - un petit bassin versant de montagne où elle subit le relief général sans parvenir à imposer une pente représentative de son transport solide.

Par contre, les zones alluvionnaires sont très représentatives de ce transport solide. Ainsi, la figure suivante montre des ajustements de pente réalisés dans ces tronçons :

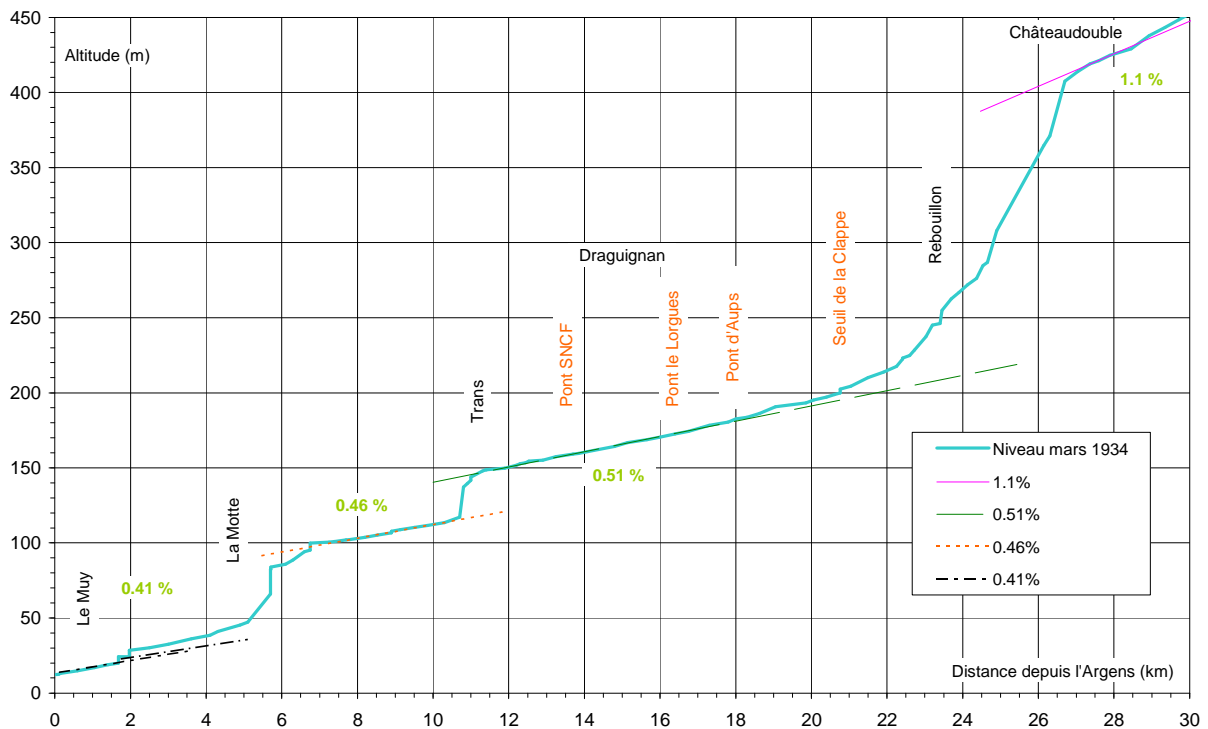


Figure 2 : Ajustement des pentes dans les zones alluvionnaires.

Ce graphique montre que la pente dans les zones alluvionnaires diminue régulièrement vers l'aval, ce qui traduit une diminution progressive des apports solides latéraux de l'amont vers l'aval avec un débit liquide plus rapidement croissant. Cette évolution est très classique et associée à une diminution de la granulométrie des matériaux.

Alors que les gorges rocheuses constituent de simples discontinuités du profil en long sans évolution significative de la Nartuby de part et d'autre, les gorges de Châteaudouble correspondent à une modification nettement plus importante :

- Le débit liquide connaît une évolution très substantielle avec les apports de la Nartuby d'Ampus. C'est particulièrement le cas lors de la crue de juin 2010 durant laquelle le bassin versant de la Nartuby d'Ampus a été particulièrement arrosé.
- Les apports solides de la Nartuby d'Ampus paraissent modérés et dans sa partie amont le lit est rocheux sur une forte fraction de sa longueur.
- Les gorges de Châteaudouble contribuent à la fourniture en matériaux, comme la crue de 2010 l'a montré, par des érosions et des glissements latéraux. Les volumes ne sont pas très importants. Par contre, il s'agit d'une granulométrie grossière. Les petits blocs sont aisément transportés dans les gorges étroites... mais beaucoup moins en aval. La pente diminue alors progressivement au gré de ce tri granulométrique. Cela explique que la décroissance de pente soit lente et régulière. Ce n'est qu'en aval du seuil de la Clappe que la Nartuby retrouve une pente régulière.

Le village de Rebouillon, immédiatement à la sortie des gorges, se trouve très exposé à des écoulements rapides mais aussi à une tendance au dépôt lors des fortes crues.

1.1.3. Dysfonctionnement majeurs

Les phénomènes rencontrés dans le lit amont sont pour l'essentiel les suivants :

- Affouillement des ouvrages. En effet, l'écoulement dans la partie amont dégage une énergie importante. Il peut alors creuser au pied des ouvrages et les déstabiliser. La destruction qui suit cet affouillement peut conduire à des érosions de grande ampleur, comme dans les gorges de Châteaudouble où la route, très au dessus du lit, a été emportée suite à l'affouillement des protections.
- Érosions de berges souvent associées à des divagations. Le recul de la berge n'est pas sans causer de dégâts aux terrains riverains. C'est par exemple le cas sur le site de la pisciculture, en amont du seuil de la Clappe.
- Dépôt de matériaux. Ces dépôts peuvent être liés à une rupture de pente, comme dans la partie centrale du Bivosque, et conduire à la disparition du lit. Ils peuvent être aussi causés par un ouvrage, comme en amont du seuil de la Clappe.
- Réduction de la capacité hydraulique par la végétation. Ce point est secondaire dans les zones à forte pente, l'écoulement ayant suffisamment d'énergie pour arracher les arbres et dégager une section d'écoulement suffisante. Par contre, dans la partie basse, particulièrement en aval du seuil de la Clappe, la réduction de la capacité hydraulique a conduit à des débordements massifs.
- Embâcles formés par les flottants qui réduisent considérablement la capacité hydraulique. Ce phénomène est généralement d'autant plus marqué que la crue est forte et qu'elle a été précédée d'une période calme propice au développement de la végétation. Il a été net ici, particulièrement au droit du pont de Rebouillon qui a été brutalement obstrué par les arbres.

1.2. Définition des actions urgentes

1.2.1. Commune de Montferrat

1.2.1.1. Caractéristiques générales

La commune de Montferrat est drainée par trois cours d'eau principaux qui confluent presque au même endroit, en aval du village. Ce sont, de l'Est vers l'Ouest :

- Le **Beudron** qui s'écoule dans une large vallée au droit du village. Il n'a connu qu'une crue médiocre en juin 2010. Les enjeux paraissent d'autre part relativement faibles. Il n'est donc pas analysé par la suite.
- La **Nartuby** draine un bassin versant étendu et traverse une partie du village. Les dégâts ont donc été significatifs et imposent des interventions. Certaines ont déjà été réalisées. D'autres points font l'objet du paragraphe suivant.
- Le **Bivosque** draine un bassin versant au nord de Châteaudouble. Sa crue semble avoir été remarquablement puissante. La vallée est très peu aménagée, mais des travaux sont nécessaires et sont détaillés par la suite.

Les principales interventions souhaitables à court terme sur cette commune sont les suivantes :

Repère	Site	Nature	Coût (k€)	Priorité ¹
M1	Nartuby Secteur du Moulin	Construction d'un nouveau seuil de prise d'eau en se fondant sur les enrochements en place	50	1
		Reconstruction du passage à gué en maximisant la largeur	50	
M2	Nartuby RD 955	Nettoyage des embâcles	15	1
		Surveillance du remblai de la RD 955 lors des crues extrêmes		2
M5	Bivosque Passage à gué amont	Curage du lit et remblaiement de la route pour faciliter le retour des débordements	10	1
M6	Bivosque	Restauration du lit antérieur et réaménagement du		1

¹ Les chiffres correspondant aux niveaux de priorité sont les suivants :

- Niveau 1 : intervention prioritaire au regard des enjeux et des évolutions probables à moyen terme,
- Niveau 2 : intervention de seconde priorité.
- Niveau 3 : intervention non prioritaire.

	Passage à gué central	gué	10	
--	-----------------------	-----	----	--

Ce tableau indique aussi un ordre de grandeur des coûts correspondants à ces interventions.

La photo aérienne suivante - issue du Géoportail - montre l'ensemble des points étudiés et met en évidence la limite de commune avec Châteaudouble :



Figure 3 : Vue d'ensemble des cours d'eau sur Montferrat.

1.2.1.2. Nartuby

En amont du village, la Nartuby coule dans un lit étroit, pavé, encaissé et raide. Les enjeux sont globalement très réduits.

M1 – Prise d'eau et passage à gué du Moulin

Une prise d'eau a été construite dans une zone étroite. Un seuil en enrochements permettait le maintien du fil d'eau à un niveau suffisant. Lors de la crue, ce seuil a été détruit. Il est probable que cette déstabilisation de l'ouvrage soit liée à un affouillement en aval du seuil comme on l'observe classiquement en l'absence de parafouille imposant.

Cette destruction impose - de façon temporaire - la réalisation d'une prise provisoire et vulnérable plus en amont.

Ce site est particulièrement difficile d'accès pour des engins ou pour l'approvisionnement des matériaux.

La photo suivante montre le seuil avec la conduite provisoire. On note à l'aval les enrochements du seuil qui ont été déplacés :



Photo 1 : Site du seuil de prise d'eau sur la Nartuby.

On note que les enrochements en aval forment un pavage qui semble désormais résistant.

La commune souhaite mettre en place un ouvrage plus durable qui reste économique. Il semblerait que la reconstruction d'un seuil en enrochements constitue le meilleur compromis. Les blocs seront approvisionnés depuis la route en rive gauche et dévaleront le versant, comme lors de la construction de l'ouvrage initial.

Il pourrait être tentant - et économique - de réemployer les blocs en place. **Cette récupération est vivement déconseillée :**

- Les blocs de l'ancien seuil forment aujourd'hui un pavage du lit et constituent le parafouille qui manquait lors de la crue de 2010.
- La reconstruction de l'ouvrage - en l'absence de ces blocs - imposerait la réalisation d'un parafouille massif et donc coûteux. Les blocs en place remplissent cette fonction à moindre coût.

D'autre part, pour réduire les contraintes en crue, on préservera la plus grande largeur possible pour la crête du seuil.

Quelques dizaines de mètres en aval du seuil, un passage à gué permettait le franchissement de la Nartuby, notamment pour l'accès à la prise d'eau. Cet ouvrage était constitué d'un radier en béton. Le lit est particulièrement contraint ici à cause de la présence en berge rive gauche de l'ancien moulin comme le montre la photo suivante :



Photo 2 : Site du passage à gué vu de l'aval.

La commune souhaite maîtriser le coût de cet ouvrage très peu utilisé, ce qui ne permet pas la mise en place d'un pont.

Une reconstruction à l'identique paraît difficilement évitable. On cherchera autant que possible à élargir le lit au droit de l'ouvrage.

M2 - Remblai de la RD 955

La RD 955 franchit la Nartuby en amont de Montferrat par un remblai de grande hauteur. Une buse métallique a permis l'écoulement des crues au prix d'une mise en charge modérée. Quelques arbres se sont coincés sur l'ouvrage, mais visiblement sans problème majeur, comme le montre la photo suivante :



Photo 3 : Entrée de la buse du remblai de la RD 955.

Un nettoyage de l'ouvrage et de ses abords immédiats est nécessaire.

Cette crue a surtout mis en évidence un risque important : l'insuffisance du dalot – quelle qu'en soit la cause - pourrait former une retenue de grande capacité en amont. La surverse entraînerait la ruine rapide du remblai... et un déversement brutal en aval. Ce scénario présente une très faible probabilité... mais des conséquences majeures en aval notamment pour la vie des riverains.

Ainsi, en cas de forte crue, une surveillance du site est nécessaire. La mise en charge de l'ouvrage doit entraîner l'évacuation immédiate des personnes le long de la Nartuby et la mise en alerte des communes en aval.

Dans la traversée de Montferrat la Nartuby a causé des dégâts importants, notamment par affouillement, mais la commune a déjà réalisé des travaux qui - d'après les éléments communiqués - n'amènent pas de remarque particulière.

1.2.1.3. Le Bivosque

Ce cours d'eau draine un bassin versant presque intégralement naturel. La crue de 2010 y a été particulièrement forte. Il présente la particularité de matérialiser la limite de commune entre Montferrat et Châteaudouble.

M5 - Passage à gué amont

Le premier aménagement en amont est un passage à gué. Pour éviter des submersions trop fréquentes, il aurait été rehaussé par une rangée de demi - buses. Cette solution ne paraît pas satisfaisante :

- Ces demi-buses de faible diamètre peuvent s'obstruer facilement par des branches. Même en l'absence d'obstruction leur capacité d'écoulement est faible.
- Lors des crues - même faibles - l'écoulement passe sur le passage à gué rehaussé. Ce dernier fonctionne alors comme un seuil ce qui forme le dépôt de matériaux en amont.
- Le lit engravé en amont présente une faible capacité. Il déborde facilement, préférentiellement en rive droite. La route est alors détruite. Ce dysfonctionnement apparaît pour des crues ordinaires, bien inférieures à celle de juin 2010.

La photo suivante montre le passage à gué vu de l'aval et la très faible section du lit :



Photo 4 : Passage à gué amont du Bivosque vu d'aval.

Lors des crues, le niveau de référence pour le lit correspond au niveau de la route. Le dépôt se forme en amont avec un niveau très supérieur au niveau initial, comme le montre la figure suivante.

Ce comblement conduit, lorsque le passage à gué est très haut, à un remplissage complet du lit amont et à des débordements massifs. Le passage à gué risque alors d'être durablement contourné.

La figure suivante illustre un tel fonctionnement :

Absence de crue : passage dans les buses

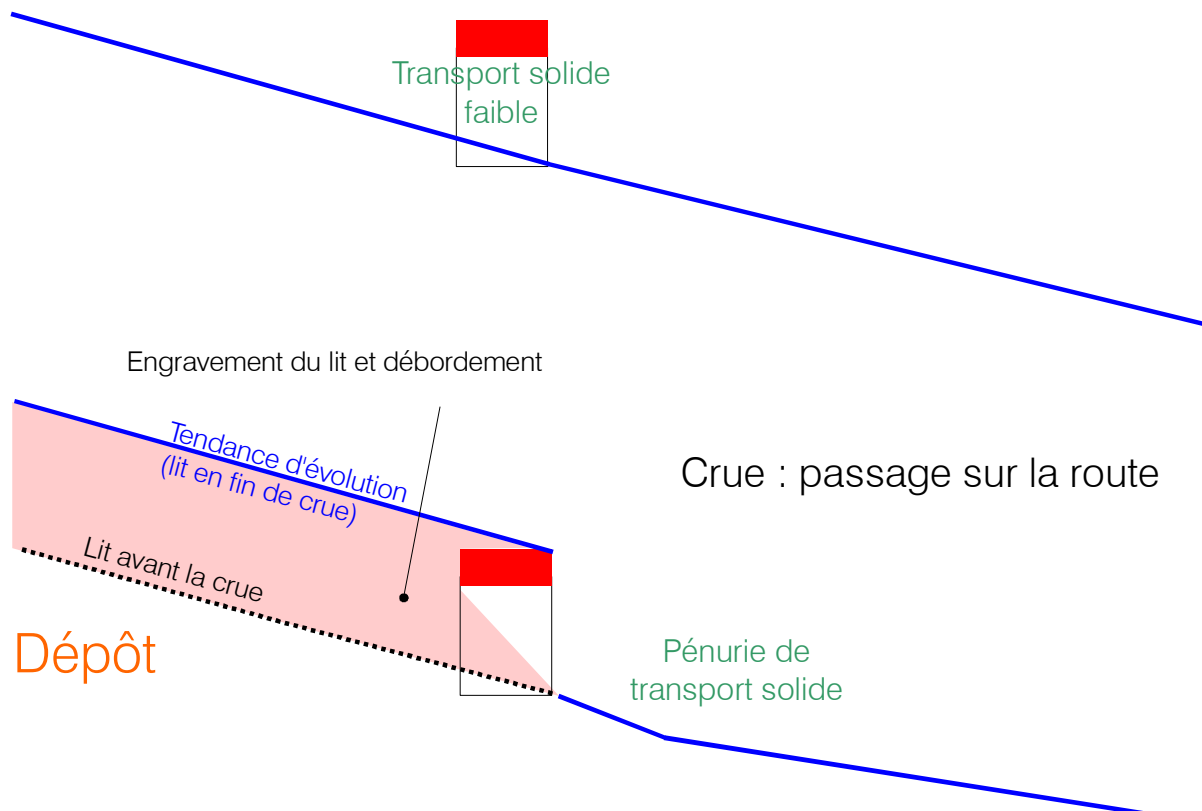


Figure 4 : Dépôt en amont d'un dalot lors des crues.

Évidemment, tous les matériaux qui comblent le lit doivent être curés pour restaurer le passage sous l'ouvrage après la crue.

Ce fonctionnement est particulièrement net au niveau du passage à gué sur le Bivosque au confluent avec la Nartuby qui est situé sur la commune de Châteaudouble.

Il est proposé ici - toujours en recherchant un compromis entre le coût et le service rendu par un ouvrage très secondaire - les interventions suivantes pour le passage à gué amont :

- Curage du lit depuis 30 mètres en amont et 100 mètres minimum en aval afin de retrouver le niveau du lit avant la crue. Dans la partie aval, le curage sera réalisé dans la continuité de celui lié au passage à gué central.
- Enlèvement des merlons entre la route et le lit en aval du passage à gué. Il paraît en effet essentiel de favoriser le retour de l'écoulement dans le lit en cas de débordement afin de réduire l'ampleur des dégâts sur la rive droite mais aussi les risques d'inondation de l'habitation située en aval.
- Remblaiement de la route en rive droite afin de la rendre moins submersible sur une longueur d'une cinquantaine de mètres maximum. À proximité du passage à gué, ce remblai présentera une hauteur d'au moins 1 mètre et un dévers marqué vers le lit.

- À proximité du passage à gué, il est possible de réaliser une chaussée en béton tant que la route est calée à moins de 1 mètre au dessus du point bas du passage à gué. Cette précaution permet de réduire les dégradations en cas d'écoulement sur la piste non revêtue. Cette intervention, plus coûteuse que les autres, n'est qu'optionnelle.

Ces aménagements visent une remise en état et une réduction de la vulnérabilité pour les crues ordinaires. Une crue aussi forte que celle de 2010 causerait de nouveau des dégâts.

M6 - Passage à gué central

Il s'agit du site établi environ 170 mètres en aval du passage à gué amont. Le franchissement de la rivière permet de desservir deux habitations en rive gauche.

Depuis la crue de juin 2010, le site est méconnaissable. En effet, les arbres transportés ont totalement obstrué le lit. Le dépôt intense qui en a résulté a alors engravé totalement le lit mineur et l'écoulement s'est étalé, en déposant arbres et graviers, sur tout le fond de vallée. Un passage a sommairement été rétabli pour permettre l'accès aux deux habitations qui sont restées en limite de la zone inondée.

Aucun retour spontané dans le lit n'est à attendre. Le débordement est ici remarquable suite à la formation d'un embâcle, mais sur l'ensemble du linéaire aval, le Bivosque a débordé dans le lit majeur en empruntant préférentiellement la piste de desserte. Un peu en aval, un autre passage à gué a aussi été détruit.

La photo suivante montre l'étalement et le dépôt de matériaux sur l'ensemble du lit majeur :



Photo 5 : Étalement et dépôt dans le lit majeur.

La suppression de tout débordement dans cette zone nécessiterait des travaux importants et coûteux, sans rapport avec les dégâts observés lors de cette crue ni l'usage du site. Étant donnée la forte pente, cette suppression n'aurait bien évidemment aucun effet sur les débits liquides en aval. Par contre, elle ne permettrait pas un laminage du transport solide ni un arrêt des arbres dans une zone de faibles enjeux.

Ainsi, la solution qui paraît la mieux adaptée consiste à curer le lit afin de restaurer le lit antérieur. Il est important de ne pas détruire le pavage naturel du lit, c'est-à-dire de ne pas enlever les blocs structurant le fond du ruisseau. Par contre, la section pourra être sensiblement accrue par un recul de

quelques mètres - et un déboisement - des berges. Ce curage sera réalisé depuis le passage à gué amont jusqu'à une centaine de mètres en aval du passage à gué central.

Les matériaux actuellement déposés dans le lit majeur pourront - en fonction des objectifs des propriétaires - être enlevés ou laissés sur place, leur rôle par rapport à la dynamique du ruisseau étant désormais marginal.

Les travaux préconisés devraient dégager des volumes importants de matériaux. Ils pourront être valorisés ou utilisés par la commune pour les travaux sur d'autres sites. En effet, aucune pénurie en matériaux n'apparaît en aval et une réinjection des matériaux à proximité dans le système hydrographique n'a ici aucun intérêt, la tendance étant plutôt à l'engravement.

1.2.2. Communes de Châteaudouble et Ampus

1.2.2.1. Caractéristiques générales

1.2.2.1.1. *Structure générale des communes*

La commune de Châteaudouble couvre une grande superficie. Elle est schématiquement constituée de trois unités séparées par les gorges de Châteaudouble :

- Le secteur amont correspond - pour la Nartuby - à un linéaire proche de 3 km. La rivière s'écoule dans un lit alluvionnaire avec une faible tendance à la divagation, et au dépôt en 2010. Les principaux affluents - tous deux en rive droite - sont le Bivosque, à la limite amont de la commune, et le Riou de Ville. Ils ont chacun connu une très forte crue en juin 2010.
- Les Gorges de Châteaudouble présentent une forte pente, un lit étroit et un lit pavé de très gros blocs. Les phénomènes prépondérants sont le transit, l'érosion localisée de matériaux et la fourniture d'arbres.
- Le secteur aval couvre un linéaire de l'ordre de 1600 mètres depuis la sortie des gorges à Rebouillon. Après avoir reçu les apports de la Nartuby d'Ampus, les débits ont été considérables dans ce secteur et les mouvements du lit de grande ampleur. Dans cette partie aval, la Nartuby matérialise la limite entre la commune de Châteaudouble et celle d'Ampus.

La commune d'Ampus présente une structure comparable :

- Un plateau amont où les dégâts ont été limités grâce à une urbanisation généralement à l'abri de la rivière. Par contre, la crue paraît avoir été très forte. La station d'épuration et le pont du Fer ont été très sollicités mais concentrent l'essentiel des dégâts.
- Les gorges de la Nartuby d'Ampus sont très encaissées avec une forte pente, un lit étroit et un lit pavé de très gros blocs. Les phénomènes prépondérants sont aussi le transit, l'érosion localisée de matériaux ainsi que la fourniture d'arbres.
- En aval, la Nartuby constitue la limite entre les communes de Châteaudouble et d'Ampus, jusqu'à l'aval de Rebouillon. La description du lit regroupe donc les deux communes.

1.2.2.1.2. Priorité des interventions

Repère	Site	Nature	Coût (k€)	Priorité ²
C1	Bivosque confluence avec la Nartuby	Curage du Bivosque pour rétablir l'ancien niveau du lit	5	1
		Protection de berge le long de la Nartuby prenant en compte la surverse du Bivosque	70	
C2	RD 51 au franchissement du Vallon du Riou de Ville	Reconstruction du mur détruit pour éviter la destruction de la route en cas de surverse	20	3
C3	Station d'épuration intercommunale	Minimisation de la vulnérabilité de l'ouvrage		2
C4	Nartuby Pont Rouge	Nouvelle passerelle profondément fondée et sans réduction de la largeur d'un lit déjà étroit	60	2
C5	RD 955 dans les gorges	Rétablissement de la route après protections de berges adaptées		1
C6	Captage d'eau des Frayères	Reconstruction des conduites et des accès de la prise d'eau des Frayères	Etudes : 150 Travaux : 1250	
C7	Prise d'eau en amont de Rebouillon	Avis géotechnique avant reconstruction de la prise d'eau. Restauration du canal rive droite	Étude : 150	2
C10	Rebouillon	Curage du lit Aménagement d'un nouveau franchissement Recalibrage et protections de berges	Étude : 35 Travaux : 600	1
C11	Chemin des Launes	Rétablissement et reconstruction en recul	-	2
C12	Pisciculture de la Granégone	Aménagement du lit	-	3

² Les chiffres correspondant aux niveaux de priorité sont les suivants :

- Niveau 1 : Intervention prioritaire au regard des enjeux et des évolutions probables à moyen terme,
- Niveau 2 : intervention de seconde priorité.
- Niveau 3 : intervention non prioritaire.

La principale opération concerne évidemment la traversée de Rebouillon où des aménagements lourds l'analyse d'un nouveau profil en long serait de l'ordre de 35 k€. Elle devra d'étendre depuis la sortie des gorges jusqu'au seuil de la Clappe.

1.2.2.2. Secteur amont de Châteaudouble

Sur la photo suivante, issue du Géoportail, la limite de commune amont est située peu en amont de la confluence de la Nartuby avec le Bivosque. Ce cours d'eau draine un bassin versant presque intégralement naturel. La crue de 2010 y a été particulièrement forte.

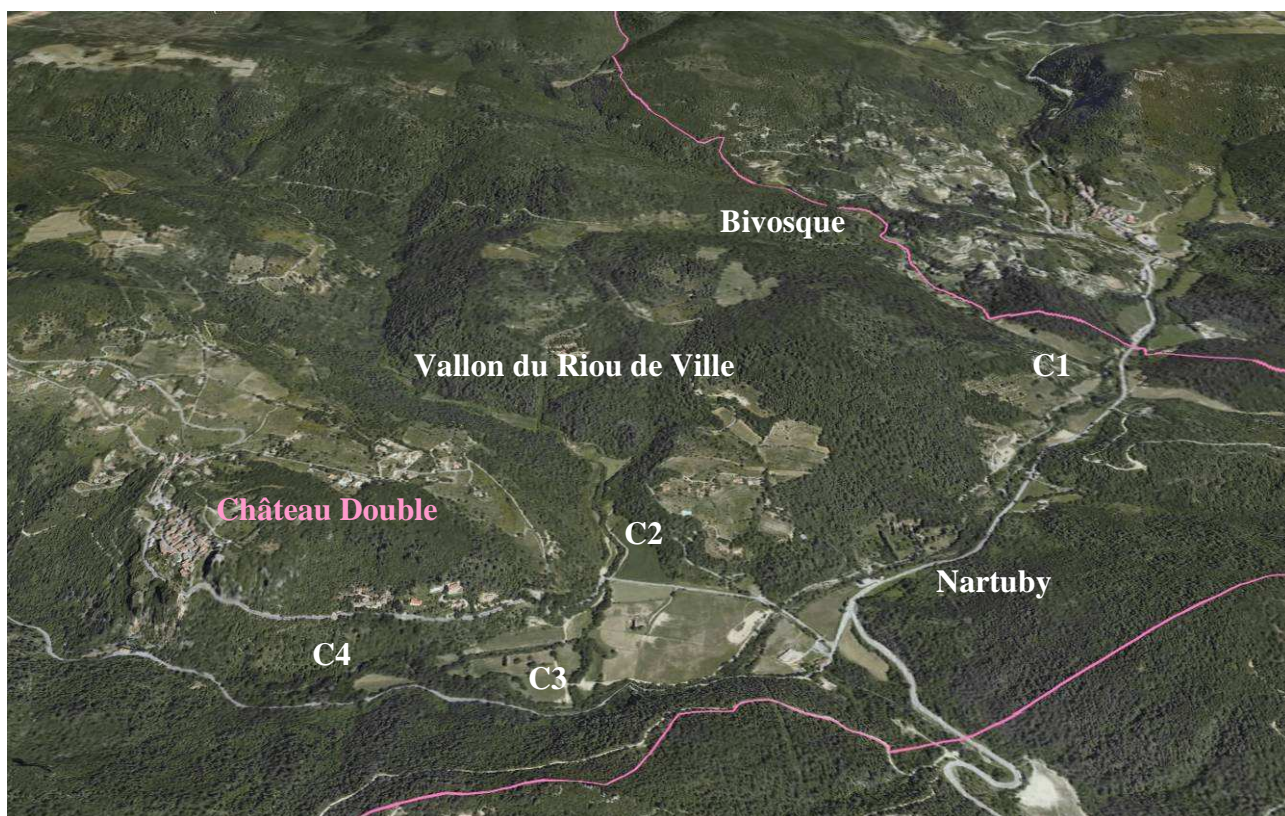


Figure 5 : Vue d'ensemble de la partie amont de la commune.

C1 - Passage à gué aval du Bivosque

En rive droite de la Nartuby le Bivosque est franchi par une importante conduite d'eau et par une voie secondaire desservant la rive droite.

Deux phénomènes différents ont conduit à la destruction partielle du passage à gué et à la rupture de la conduite d'eau :

- L'obstruction partielle des deux buses a généré un dépôt massif en amont et un débordement sur la route. L'ouvrage étant assez élevé par rapport au lit initial, la surverse n'était vraisemblablement pas prévue. Elle a causé l'érosion de la piste. Elle est difficilement évitable lors des fortes crues car les buses sont facilement obstruées par les flottants.

- La Nartuby a causé l'érosion de la berge avec affouillement des ouvrages. L'érosion a cependant été limitée ici grâce à un éperon en aval.

La petite crue du 1^{er} novembre 2010 a encore accru les dégâts.

Les photos suivantes montrent le passage à gué depuis la Nartuby et le Bivosque :



Photo 6 : Engravement du Bivosque en amont du passage à gué.



Photo 7 : Lit de la Nartuby au droit du passage à gué et éperon aval.

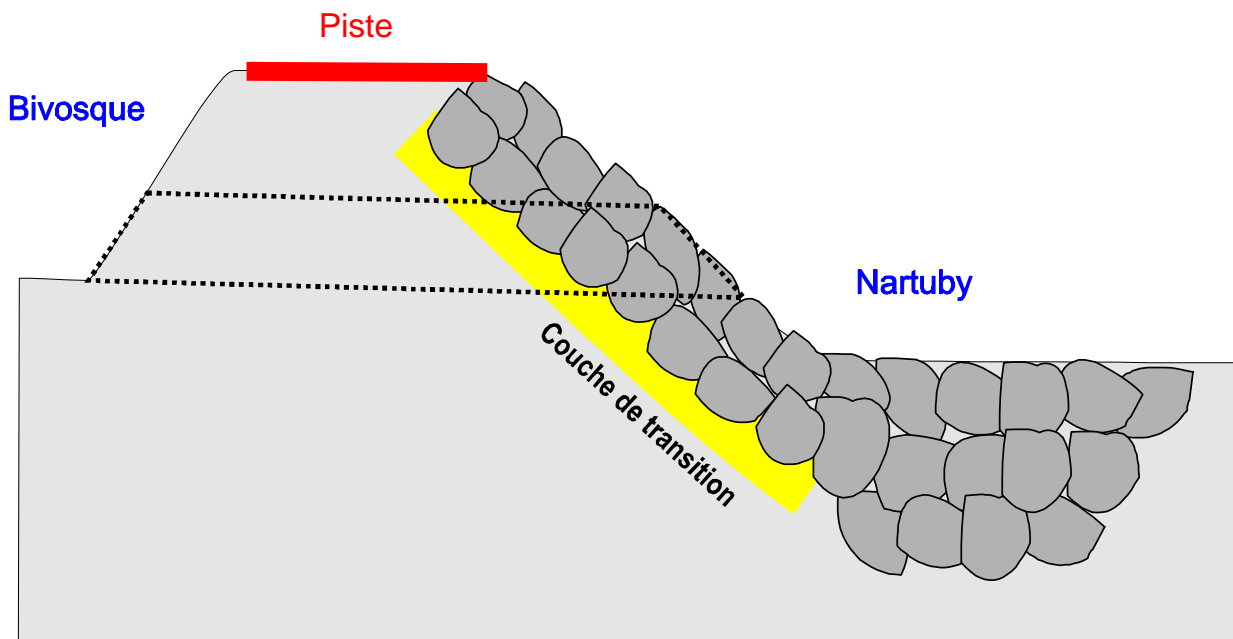
Les interventions proposées sont les suivantes :

- ~ Curage du lit amont du Bivosque et restauration du lit antérieur.
- ~ Restauration de la chaussée en créant un point bas marqué au niveau du passage à gué.
- ~ Restauration de la berge de la Nartuby sur un linéaire de l'ordre de 30 mètres, entre l'ancien pont et l'éperon rocheux en aval. Cette protection devra résister aux écoulements de la Nartuby mais aussi au déversement sur la route du Bivosque. Cette double contrainte impose la mise en place d'une protection en enrochements. Cette protection est essentielle pour la protection de la conduite. Elle devra être bien fondée avec un sabot dont le sommet sera calé au niveau du fil d'eau d'étiage de la Nartuby.

Il reste souhaitable de surveiller la végétation du Bivosque afin de limiter les apports de flottants lors des crues, même si les ouvrages retenus devraient être moins sensibles au transit des flottants.

En aval, la Nartuby divague faiblement dans un fond de vallée sans enjeux importants. La RD 955 pourrait être érodée en cas de nouvelle forte crue, mais la probabilité paraît trop faible pour justifier une intervention généralisée, forcément lourde et coûteuse.

La figure suivante est une coupe schématique de cette intervention :



C2 - Érosion de la RD 51 au franchissement du Vallon du Riou de Ville

Le Vallon du Riou de Ville a subi une très forte crue. Il a débordé au niveau du pont de la RD 51 et l'écoulement a déversé sur la route en remblai. Les érosions ont été très limitées grâce au mur en aval de la route.

Les enjeux sont de deux types :

- ~ La destruction localisée de la route en cas de nouvelle crue aussi forte. Le risque est faible et une liaison vers Aups et Draguignan reste possible pour les habitants de Châteaudouble.
- ~ L'inondation des terrains en aval avec en particulier une ferme et la station d'épuration. Cette inondation est pénalisante mais le remblai de la route ne paraît pas décisif.

Ainsi, il apparaît que la reconstruction du mur détruit localement est la solution la mieux adaptée et a déjà été mise en œuvre.

Il reste souhaitable de surveiller la végétation du Vallon afin de limiter les apports de flottants lors des crues, mais il paraît très difficile d'éviter l'obstruction du pont pour les plus fortes crues.

C3 - Station d'épuration intercommunale

La station d'épuration est située à proximité de la confluence du Vallon du Riou de Ville et de la Nartuby. Elle est donc implantée dans une zone clairement inondable. De plus, elle est située à l'amont immédiat de l'entrée des gorges. Pour les crues aussi extrêmes que celle de 2010, un remous est probable, majorant les hauteurs d'eau et minorant les vitesses.

Ce remous permet un stockage d'eau en amont lorsque le débit est très important. Il s'agit d'un fonctionnement très favorable pour l'aval en laminant les crues. Il doit être conservé.

Le risque de submersion de la station d'épuration paraît limité aux plus fortes crues, ce qui offre un niveau de protection satisfaisant pour ce type d'équipement. Des travaux de protections présenteraient un coût sans rapport avec le gain attendu.

Par contre, on cherchera à réduire la vulnérabilité de cet équipement, par exemple en mettant - dans la mesure du possible - les équipements électriques en hauteur. Cela permet, en cas de nouvelle crue exceptionnelle de réduire le coût des dégâts et d'accélérer la remise en service de l'installation.

D'autre part, le remplacement du pont constitué de deux cadres par un ouvrage unique serait favorable par rapport au risque d'obstruction par les flottants. Ce remplacement présente cependant un intérêt modéré car le lit offre une section limitée, même avec la création d'un nouveau pont.

1.2.2.3. Secteur amont d'Ampus

En amont d'Ampus, la Nartuby d'Ampus s'écoule dans des gorges encaissées. Aucun dégât majeur n'est à déplorer, même si la crue a été très forte.

Le lit est rocheux comme sur l'essentiel du linéaire. Les érosions sont alors très limitées, réduisant naturellement les dégâts.

En aval du pont de la RD 51, la vallée est beaucoup plus large. Les dégâts ont été remarquablement modérés, les constructions étant situées en retrait de la rivière ou sur des sites surélevés.

Même la station d'épuration a été - pour l'essentiel - épargnée alors que le débordement était généralisé dans cette zone et que le grillage, comme la route, ont été submergés.

Par contre, le pont du Fer, constitué d'une buse métallique, a été totalement submergé, mais pas détruit. Il doit être reconstruit sans forcément chercher à en majorer la capacité. Ces travaux ont déjà été réalisés.

1.2.2.4. Gorges de Châteaudouble

Ces gorges présentent, en amont de Rebouillon, un linéaire de l'ordre de 4.5 kilomètres auxquels s'ajoutent les 4 kilomètres des gorges de la Nartuby d'Ampus.

C4 - Pont Rouge ou de St Jean (ancien chemin)

A l'entrée des gorges, le pont Rouge conduisant à Châteaudouble a été détruit. Ce pont n'offrait qu'une ouverture étroite à la Nartuby. Les contraintes hydrauliques ont été très fortes durant la crue, conduisant à la destruction de la culée rive droite.

La reconstruction de cet ouvrage est souhaitée par la commune. Il dessert uniquement un cheminement piéton. Cette reconstruction ne doit pas être réalisée à l'identique mais, au contraire, le nouveau pont devra présenter une ouverture nettement majorée avec une culée rive droite très en retrait dans le versant. Les vestiges de l'ouvrage actuel seront enlevés et une passerelle piétonne franchira la Nartuby, si possible d'une seule travée.

Dans ces gorges, le lit est pavé, soit directement par le substratum, soit plus généralement par de très gros blocs provenant des versants. L'érosion est naturellement active dans ces gorges et, lors des très fortes précipitations de juin 2010, de nombreux versants ont été déstabilisés sous une double action :

- L'instabilité naturelle du versant qui est accrue lors des pluies. C'est notamment le cas au niveau du glissement de terrain amont qui a déstabilisé la route en amont des gorges.
- L'affouillement en pied par les débits très importants de la Nartuby. Ce cas est moins fréquent, le lit étant pavé par des blocs, notamment dans les zones d'apport latéral.

Il est généralement difficile de faire la part de ces deux causes, leur effet étant cumulatif et un faible affouillement peut suffire à mettre en mouvement un versant en limite de stabilité.

Les photos page suivante illustrent les deux cas de figure. La photo du haut correspond au glissement de terrain qui a emporté la conduite et la route du captage des Frayères.



Photo 8 : Déstabilisation du versant après la crue par les venues d'eau latérales.



Photo 9 : Affouillement de la plate-forme de la route par la Nartuby.

Ces apports massifs, mais ponctuels, cumulés aux érosions de berge linéaires, apportent des volumes importants de matériaux qui transitent loin en aval.

L'effet de ces apports solides sur le déroulement de la crue ne paraît pas prépondérant :

- Les volumes des apports latéraux sont relativement faibles (quelques milliers de m³ en général). Durant la crue, ils ont été rapidement mais progressivement repris, la capacité de transport de la Nartuby étant très importante dans ces gorges étroites et raides. Aucune trace de formation d'un barrage significatif et de stockage d'eau n'est visible dans les principaux sites.
- Les barrages formés en dehors des crues sont de faible hauteur avec des pentes longitudinales (suivant l'axe de la rivière) modérées et une granulométrie grossière. La reprise lors des prochaines crues devrait être progressive.

Ces deux points sont développés ci-dessous.

Une première approche consiste à analyser la capacité de transport - et d'enlèvement de matériaux apportés latéralement - de la rivière durant la crue. Il est possible de calculer le transport solide à partir des hypothèses suivantes :

- ~ Débit liquide de 200 m³/s, ce qui est élevé en amont de la Nartuby d'Ampus... mais faible en aval.
- ~ Pente de 5 % comme indiqué dans le profil en long IGN.
- ~ Diamètre moyen de 10 centimètres, ce qui semble bien en rapport avec les observations de terrains, même si de très gros blocs peuvent être observés.

Dans un tel cas, le débit solide approche 8 m³/s. Ainsi, un glissement de 20 mètres de large et de 2 mètres d'épaisseur serait immédiatement repris s'il progressait vers le lit à une vitesse de 0.2 m/s, ce qui est particulièrement rapide pour un glissement de terrain. Un apport de 2000 m³ de matériaux dans la rivière serait emporté en 5 minutes environ. Cela montre que durant la crue, la capacité de reprise de la Nartuby est considérable et rend difficile la formation d'un barrage imposant.

Une rupture brutale du barrage paraît donc très improbable. L'étroitesse de la vallée et sa pente expliquent que les volumes stockés soient très modérés. A titre d'exemple, il est possible d'estimer le volume qui pourrait être retenu par un barrage à partir des hypothèses suivantes :

- Hauteur du barrage : 5 mètres. Cette valeur est très supérieure à tout ce qui a été observé après la crue.
- Pente de la vallée : 5 %, comme indiqué dans le profil en long IGN.
- Largeur : 15 mètres.

Le volume d'eau serait alors de 3000 m³... soit le volume d'eau écoulé en une dizaine de secondes à Rebouillon... ou le stockage sur une trentaine de centimètres de hauteur sur une superficie d'un hectare. Ainsi, l'effet d'une débâcle pourrait être sensible dans les gorges - ou en aval immédiat comme à Rebouillon - mais il devient très rapidement négligeable en allant vers l'aval et notamment dans la traversée de Draguignan.

Ce risque peut être augmenté par les embâcles formés par les arbres et leur rupture mais les ordres de grandeur sont les mêmes, un embâcle de plus de 5 mètres de hauteur paraissant très improbable dans les gorges. Il n'est pas impossible que ce phénomène ait encore accru la vitesse très importante de la montée de crue à Rebouillon, avec des conséquences dramatiques, mais il n'est pas prépondérant.

C5 - Rétablissement de la RD 955

Dans les gorges, les principaux désordres liés à la crue correspondent à l'érosion de la plate-forme de la RD 955. Une étude géotechnique est évidemment nécessaire. Par rapport à la Nartuby, trois précautions sont nécessaires lors du rétablissement de la chaussée :

- Ne pas réduire la largeur du lit. En effet, les contraintes hydrauliques sont très fortes lors des crues. Un rétrécissement augmente encore ces contraintes dans un secteur fragile. Le risque de destruction de la protection est encore accru, même pour un ouvrage massif.
- Mettre en place un ouvrage parafouille important. C'est en effet l'affouillement qui crée la quasi-totalité des dégâts dans un tel contexte.
- Ne détruire le pavage du lit en aucun cas. En effet, les très gros blocs dans le lit assurent sa tenue face aux écoulements de crue. Il est très tentant de prélever ces blocs pour constituer les protections avec le double objectif de s'approvisionner en enrochements à bon prix et d'enfoncer le lit. Le remède est souvent pire que le mal avec une déstabilisation du lit et un affouillement de grande ampleur (en profondeur comme en linéaire) lors de la crue suivante. Cet affouillement entraîne évidemment la destruction des protections.

Ces préconisations doivent être notamment appliquées au droit de la zone d'érosion amont, au pied du village de Châteaudouble où le lit, particulièrement raide, est pavé de très gros blocs qui sont essentiels pour assurer la stabilité du profil en long.

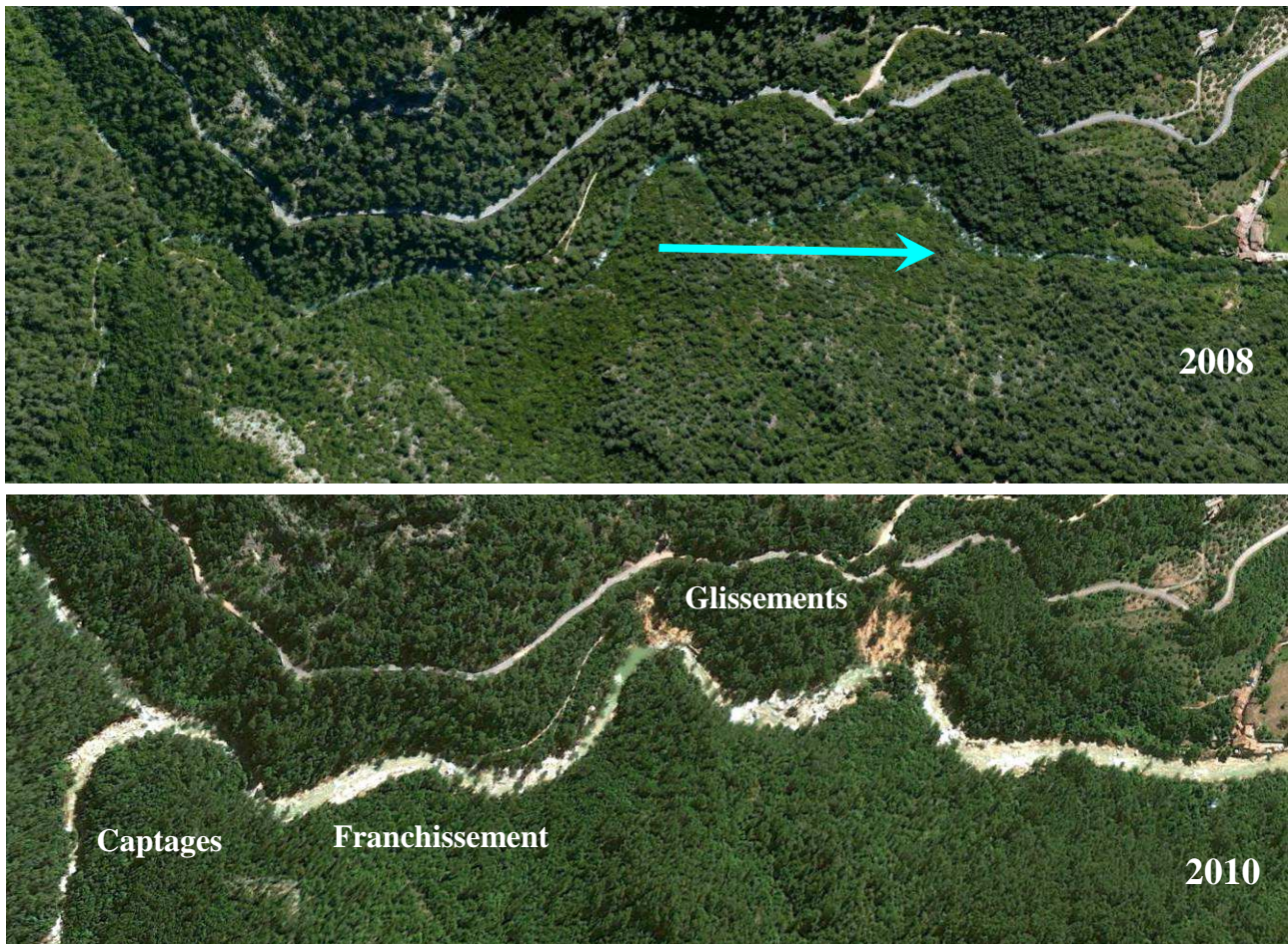
C6 - Prise d'eau des Frayères

Cette prise d'eau, située à proximité de la confluence de la Nartuby d'Ampus avec la Nartuby contribue à hauteur de 30 % à l'alimentation en eau de Draguignan, ce qui en fait un ouvrage de première importance. Cet équipement a subi des dégâts importants lors de la crue avec notamment les dégradations suivantes :

- Affouillement des ouvrages de captage et dégâts aux équipements électriques par la Nartuby d' Ampus.
- Passerelle, seuil et conduite détruits au franchissement de la Nartuby d' Ampus.
- Passerelle et conduite détruites au franchissement de la Nartuby. Le local de chloration est inaccessible et affouillé.
- Route d'accès emportée au niveau du glissement de terrain amont.
- Conduite emportée en niveau des deux glissements de terrain en amont de Rebouillon (voir photos de ces deux glissements).

Ces destructions sont directement liées aux évolutions du lit lors d'une crue aussi forte : la Nartuby érode tous les matériaux disponibles affouillant les ouvrages dans le lit et déstabilisant les terrains vulnérables.

Les photos page suivante montrent ce secteur avant et après la crue de juin 2010 et permettent de localiser les différents sites.



Photos 10 & 11 : Secteur des Frayères avant et après la crue

Ces dégâts ne nous ayant été signalés que lors de la réunion finale de présentation de l'étude, une visite sur site n'a malheureusement pas été possible. Toutefois la commune de Draguignan nous a transmis l'avant projet de la reconstruction des ouvrages. Il est donc possible de formuler des recommandations sur les travaux envisagés même s'il ne s'agit que de remarques de principe.

De façon générale, il paraît nécessaire de rappeler les principales recommandations concernant la Nartuby dans les gorges :

- Ne pas réduire la largeur du lit. En effet, les contraintes hydrauliques sont très fortes lors des crues. Un rétrécissement augmente encore ces contraintes dans un secteur fragile. Le risque de destruction de la protection est encore accru, même pour un ouvrage massif.
- Mettre en place un ouvrage parafouille important. C'est en effet l'affouillement qui crée la quasi-totalité des dégâts dans ce type de rivière, comme l'illustrent les dégradations observées ici.
- Ne détruire le pavage du lit en aucun cas. En effet, les très gros blocs dans le lit assurent sa tenue face aux écoulements de crue. Il est très tentant de prélever ces blocs pour constituer les protections avec le double objectif de s'approvisionner en enrochements à bon prix et d'enfoncer le lit. Le remède est souvent pire que le mal avec une déstabilisation du lit et un affouillement de grande ampleur (en profondeur comme en linéaire) lors de la crue suivante. Cet affouillement entraîne évidemment la destruction des protections et le glissement des terrains.

Les principaux aménagements sont repris ci-dessous - de l'amont vers l'aval - avec les remarques qui peuvent être formulées à partir des documents en notre possession :

Travaux envisagés	Recommandations
<p>Traversées de la Nartuby et de la Nartuby d'Ampus</p> <p>Mise en place de seuils avec passage de la conduite dans un massif bétonné</p>	<p>L'impact et les contraintes sur un seuil sont directement liés à sa hauteur de chute. Il n'y a ici aucun intérêt à réaliser un ouvrage de grande taille qui serait à la fois coûteux et vulnérable.</p> <p>Ainsi, le seuil sera aussi bas que possible, la conduite étant enterrée d'environ deux mètres sous le niveau du lit. Un parafouille en aval est conseillé si le lit n'est pas suffisamment pavé par les blocs.</p> <p>Des buses sont prévues pour permettre les écoulements ordinaires. Il s'agit d'un point faible du dispositif. Les recommandations suivantes peuvent être formulées :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Il est préférable, par rapport au transit des branches, de prévoir une seule grande buse que plusieurs petites. • Pour réduire les risques de dépôt et d'obstruction par les matériaux, la buse devra présenter une pente suffisante (au moins 5 %) et une chute en aval. • Une grille très espacée peut être envisagée en amont de la buse afin de réduire les risques d'obstruction et de faciliter la remise en état après une crue.
<p>Franchissement des glissements de terrain</p> <p>Mise en place de nouvelles conduites dans les terrains glissés</p>	<p>Une étude géotechnique est ici indispensable afin de s'assurer que les travaux ne risquent pas de causer de nouveaux mouvements et que les terrains sont aujourd'hui stabilisés. Dans le cas contraire, la mise en aérien de la conduite - ou un nouveau tracé - paraissent inévitables.</p> <p>Les terrains de la partie basse des glissements de terrain seront érodés par une nouvelle crue de la Nartuby, même d'ampleur bien moindre à celle de 2010. En cas de protection de berge, celle-ci sera soigneusement fondée et ne devra pas réduire la largeur du lit.</p>
<p>Protection des captages</p>	<p>La mise en place d'une protection en enrochements liaisonnés paraît nécessaire. Cette protection devra être soigneusement fondée et ne devra pas réduire la largeur du lit afin de ne pas accroître les contraintes hydrauliques - et donc les érosions - lors des prochaines crues.</p>
<p>Décharge vers la Nartuby depuis la chambre de régulation</p>	<p>Un soin particulier devra être apporté en aval de ce rejet. En effet le risque est de déstabiliser le versant (nouveau glissement de terrain) ou d'y creuser de profondes ravines si l'érosion - même d'un débit modéré - n'a pas été prise en compte dans des terrains aussi raides.</p>

C7 - Prise d'eau amont de Rebouillon

Environ 400 mètres en amont de Rebouillon, une prise d'eau est implantée en aval des gorges. Elle permet l'alimentation de deux canaux latéraux (un sur chaque rive) permettant l'irrigation au droit du village.

Elle a été fortement dégradée par la crue de juin 2010 et un glissement de terrain est visible en rive gauche au droit de la prise. Il menace la RD 955, la conduite d'eau de la source des Frayères et cette prise d'eau.

La commune souhaite la reconstruction de la prise d'eau et la remise en eau des canaux.

La reconstruction de la prise d'eau, et le départ du canal en rive gauche ne sont envisageables qu'après l'avis d'un géotechnicien. Ce seuil peut constituer une opportunité pour améliorer la protection de la berge rive gauche et éviter un nouveau mouvement de terrain. Évidemment, un soin particulier sera apporté aux fondations pour prévenir un affouillement lors des prochaines crues. Il semble que la solution la plus économique consiste à se fonder sur les vestiges de l'ancienne prise d'eau ou à réaliser un captage au fil de l'eau, moins coûteux mais nécessitant un entretien plus important à long terme.

Les photos suivantes montrent le site de la prise d'eau et l'affouillement du canal en rive droite peu en amont de Rebouillon. La conduite des Frayères a été emportée à ce niveau.



Photo 12 : Site de la prise d'eau vu de l'amont.

Il semblerait que le canal rive droite ait été localement affouillé et que sa remise en fonction soit délicate, comme le montre cette photo prise un peu en amont de Rebouillon.

Cette photo illustre le comportement dans les gorges avec l'érosion ponctuelle de tous les terrains disponibles.

L'ampleur des érosions montre le caractère exceptionnel de cette crue.



Photo 13 : Affouillement du canal rive droite.

Concernant le rétablissement du canal rive droite deux solutions sont envisageables :

- Restaurer le canal sur son ancien tracé, ce qui risque d'imposer localement des travaux importants. Aucune réduction significative de la largeur du lit de la Nartuby n'est acceptable à ce niveau afin de ne pas augmenter les contraintes hydrauliques sur un ouvrage fragile. La meilleure solution consisterait à réaliser un ancrage sur le versant, indépendamment de la Nartuby. Dans tous les cas, les travaux risquent d'être importants.
- Abandonner le canal en rive droite dans sa partie amont et l'alimenter, au droit de Rebouillon, par un passage en siphon sous la Nartuby. Cette solution peut réduire les coûts et l'entretien à long terme, même si le passage en siphon est toujours délicat.

Enfin, l'alimentation par cette prise d'eau du canal en aval de Rebouillon, si elle est possible par rapport au débit attendu, permettrait d'éviter la construction - délicate - de la prise d'eau au droit de Rebouillon.

1.2.2.5. Rebouillon - C10

1.2.2.5.1. *Nature des phénomènes*



Photo 14 : Site de Rebouillon vu de l'aval.

Sur le plan administratif, la Nartuby matérialise la séparation entre la commune d'Ampus en rive droite et celle de Châteaudouble en rive gauche.

Le site de Rebouillon correspond à un élargissement de la vallée entre deux verrous. La photo ci dessus montre la situation après crue et le tracé approximatif initial :

Cette localisation correspond à la transition entre les gorges amont et le lit alluvionnaire aval. Les phénomènes ont été de grande ampleur et la brutalité des débordements explique que trois victimes soient à déplorer sur ce site.

Cette transition à l'aval des gorges est clairement visible sur le profil en long général de la Nartuby, re l'extrait du profil en long de 1934 :

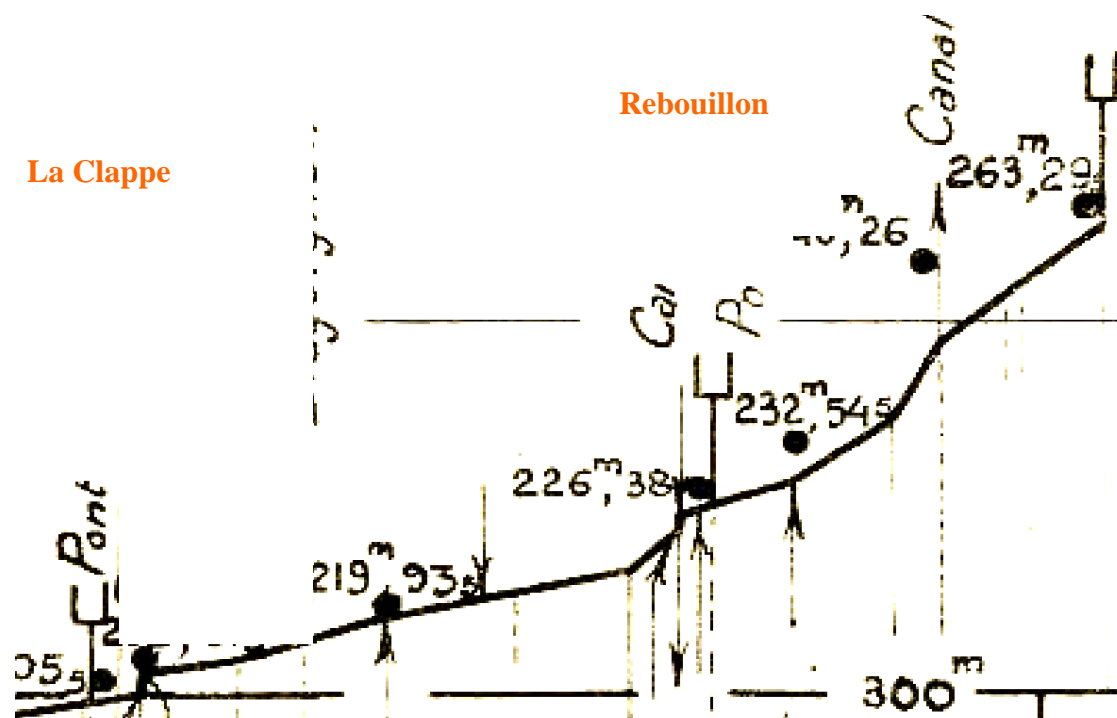


Figure 6 : Profil en long depuis le pont des Clappes jusqu'à l'amont de Rebouillon.

La pente amont est proche de 3 % alors qu'elle excède à peine 1 % en aval. Cette réduction de pente est évidemment favorable au dépôt de matériaux.

On note aussi sur ce profil en long l'effet des seuils, celui de la Clappe en aval, celui de Rebouillon dans la partie centrale. Ces seuils favorisent aussi les dépôts de matériaux en amont.

L'autre caractéristique de la traversée de Rebouillon est la présence d'un pont relativement étroit et doté d'une pile centrale. Ce pont a été obstrué par les arbres. Cependant, il semble que l'obstruction du pont ait été particulièrement brutale, conduisant à un débordement très rapide et particulièrement dangereux. Cette obstruction est vraisemblablement liée à une rupture d'embâcle en amont. Plus que l'augmentation de débit, c'est l'arrivée d'un amas d'arbres qui a conduit à l'obstruction très rapide du pont et au débordement. Par contre les matériaux alluvionnaires provenant de l'amont ont transité en aval.

L'écoulement a alors dû trouver un passage en rive gauche et y creuser un nouveau lit. Ce creusement a dégagé des matériaux particulièrement grossiers qui ont été déposés dès que l'écoulement a pu s'étaler, peu en aval du pont.

Il est probable que le calage du seuil en aval du pont ait favorisé l'engravement du lit, limitant la capacité du pont. Ce phénomène paraît secondaire par rapport à l'ampleur de la crue et à l'obstruction du pont par les arbres.

Une échelle sous cet ouvrage indique une hauteur de sous poutre de 4.71 m d'après les documents fournis par la commune. Cependant, il s'agit vraisemblablement de la hauteur par rapport aux fondations du pont et non pas la hauteur du lit avant la crue de 2010. Ce point devra être éclairci lors de l'étude de détail des ouvrages.

La photo suivante montre le pont qui était totalement colmaté à la fin de la crue (document aimablement transmis par la commune de Châteaudouble) :



Photo 15 : Pont colmaté par les arbres vu d'aval.

Le dernier phénomène prépondérant sur Rebouillon est la contraction du lit aval, au droit de la station d'épuration. Le lit passe alors d'une cinquantaine de mètres à une vingtaine de mètres de largeur.

La contraction du lit entraîne une hauteur d'eau importante lors des crues. Il se forme alors un remous qui ralentit l'écoulement en amont et conduit au dépôt de matériaux pour les débits extrêmes. Ce ralentissement est visible sur les photos prises durant la crue et qui nous ont aimablement été transmises par la commune.

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

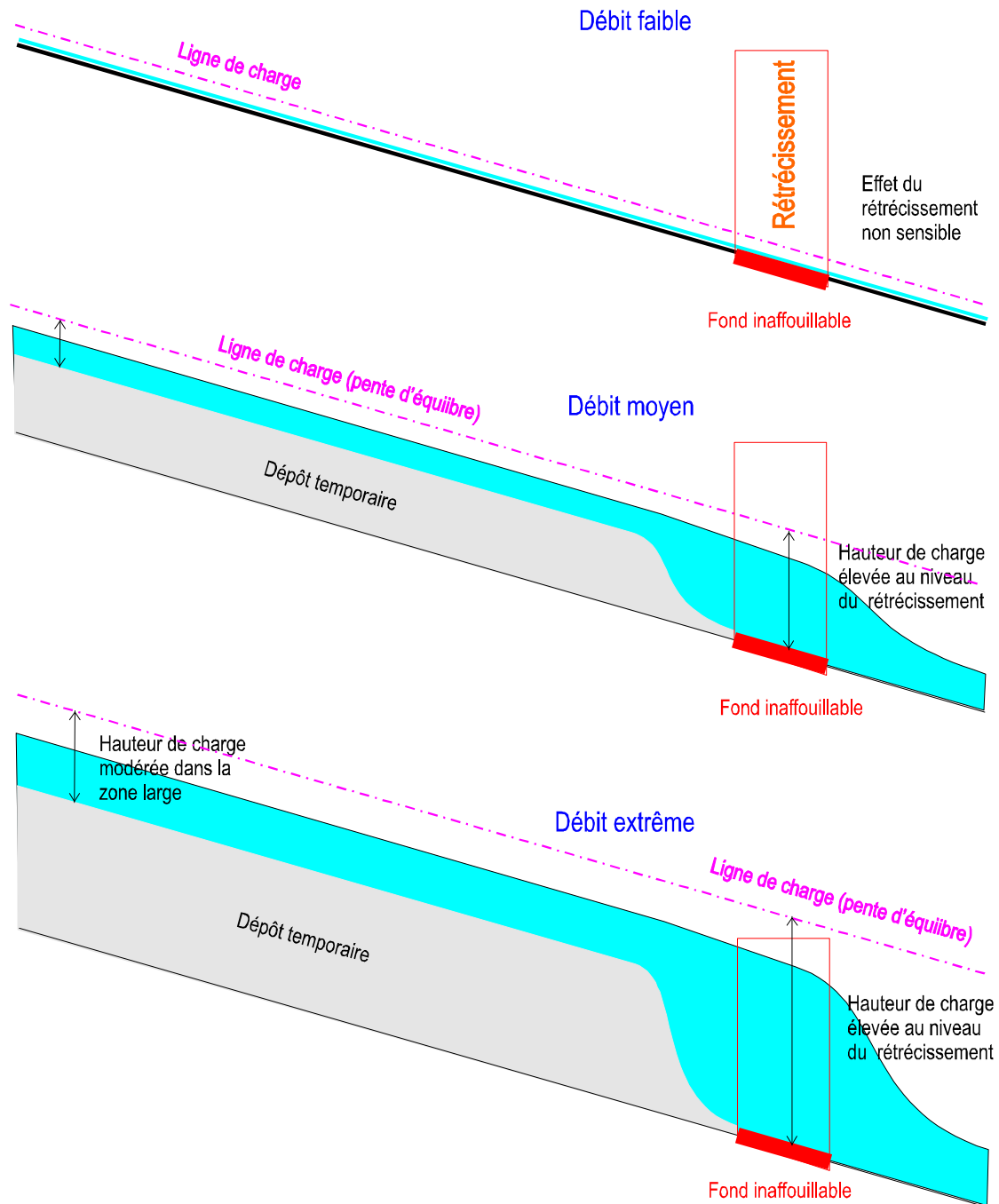


Figure 7 : Dépôt temporaire en amont d'un rétrécissement inaffouillable.

Cette figure montre le comportement dans une zone de rétrécissement pour différents débits.

- Pour un débit intermédiaire, la hauteur d'eau et de charge³ est plus importante au niveau du rétrécissement. Le fond n'étant pas affouillable, le niveau atteint par l'écoulement est élevé. Pour assurer la continuité du transport solide, la ligne de charge doit avoir la pente d'équilibre dans

³ La charge est définie comme le niveau d'eau majoré du terme $V^2/2g$. Elle est représentative de l'énergie de l'écoulement et correspond, par exemple, à la remontée du niveau à l'amont d'une pile de pont. C'est la pente de la ligne de charge qui est représentative du transport solide.

cette zone (~ 1.2 % ici). En amont, dans la zone large, la hauteur de charge est plus faible : le fond doit remonter et le lit s'engrave donc dans toute la partie amont.

- Pour un débit extrême, la hauteur de charge est très importante au niveau du rétrécissement. Le dépôt en amont, dont l'épaisseur est égale à la différence des hauteurs de charge au droit du seuil et en amont, est alors accru et devient temporairement très important. On note que le niveau de charge ainsi calculé est totalement indépendant du niveau initial du fond mais qu'il est imposé par la section de contrôle étroite et la pente d'équilibre. Il est nécessaire pour cela que le transport solide soit assez important pour que le lit s'adapte aux conditions d'écoulement par un dépôt. Cela est rapidement atteint en amont de la section de contrôle mais est de plus en plus difficile à obtenir lorsque l'on s'éloigne de la contraction. Ce dépôt est net jusqu'au pont, beaucoup moins en amont. Durant la montée de crue, le dépôt amont entraîne une pénurie de transport solide en aval : le lit se creuse en aval de la section de contrôle.
- A la décrue, le niveau d'équilibre du lit est le même qu'à la montée de crue pour un débit liquide donné. Il y a alors reprise des matériaux lors de la réduction du débit liquide. Là encore, la reprise n'est généralement que partielle et correspond à la partie en eau alors que des terrasses élevées sont encore visibles après la crue, comme au centre du nouveau lit.

Pour quantifier le phénomène de dépôt, il est possible de calculer les hauteurs d'eau et de charge critiques (nombre de Froude = 1 comme c'est le cas ici) dans chaque section. Le calcul est réalisé en considérant une largeur de 50 mètres dans la zone large du pont et de 20 mètres comme au droit du verrou aval.

Le graphique suivant indique les conditions d'écoulement dans les deux sections pour différents débits liquides :

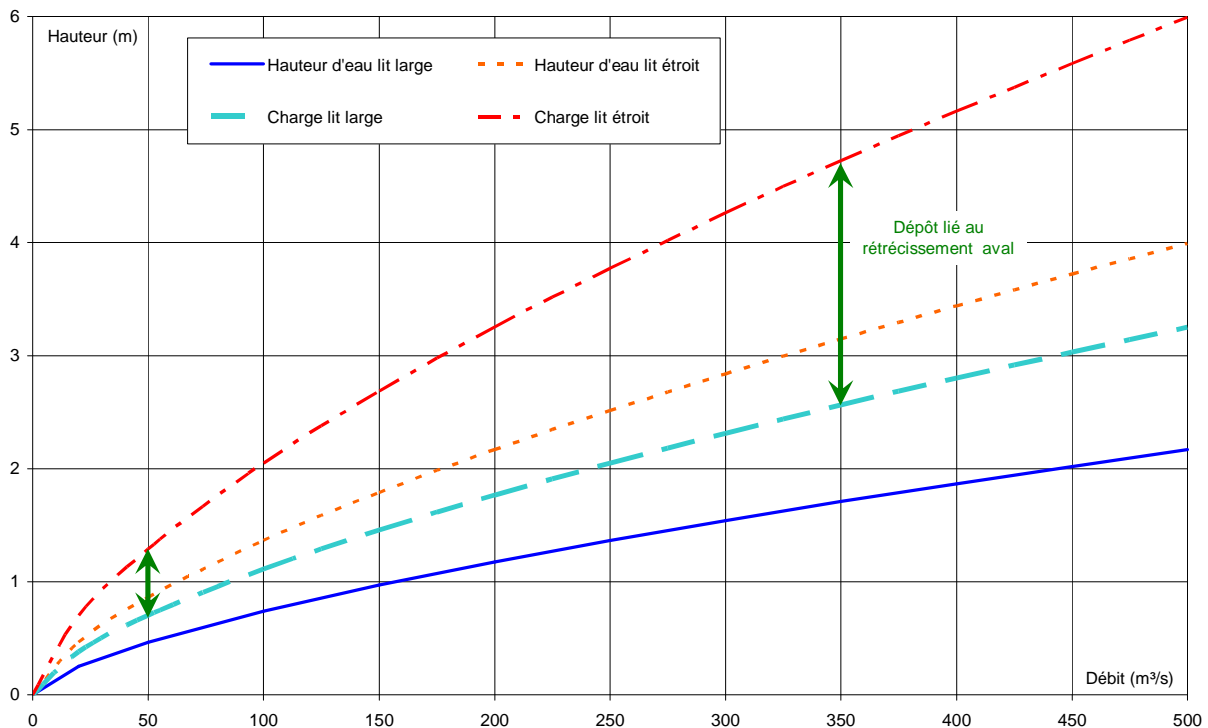


Figure 8 : Calcul de la hauteur d'eau et de charge pour deux largeurs différentes.

Pour un débit faible, ce calcul montre que le décalage des charges est modéré (environ 60 centimètres pour un débit de 50 m³/s). Le calcul majore ici beaucoup le phénomène en considérant que, même pour un débit aussi réduit, toute la largeur du lit amont est utilisée par l'écoulement. Dans les faits, l'écoulement amont reste concentré dans un ou plusieurs bras et le décalage de charge est très faible.

Pour un débit de 350 m³/s le dépôt lié au rétrécissement serait nettement supérieur à 2 mètres. Cela explique que le lit soit très engravé dans la traversée de Rebouillon. Une partie des matériaux déposés pendant la crue - ou non érodés sur les terrasses - n'a pas été repris par l'écoulement à la décrue car les matériaux sont particulièrement grossiers.

Cette reprise a été particulièrement intense le long des versants - concentration des écoulements - mais très modérée au centre du lit.

Ainsi, les phénomènes suivants se seraient enchainés - ou cumulés - durant la crue :

1. Obstruction du pont par les embâcles,
2. Creusement d'un nouveau lit sur la berge rive gauche,
3. Dépôt massif et surélévation des niveaux d'eau par le verrou aval.

1.2.2.5.2. *Évolution des fonds*

Il est évidemment intéressant d'analyser l'évolution du lit durant la crue en se basant sur les profils en long disponibles. La comparaison est ici délicate entre l'ancien levé de 1934 et un levé réalisé à plusieurs dates après la crue. Ce levé imprécis a d'abord pris en compte le niveau du fond avant de prendre - sur certains tronçons - le niveau d'eau.

La figure suivante montre les profils en long en les recalant par rapport à l'abscisse du pont de Rebouillon :

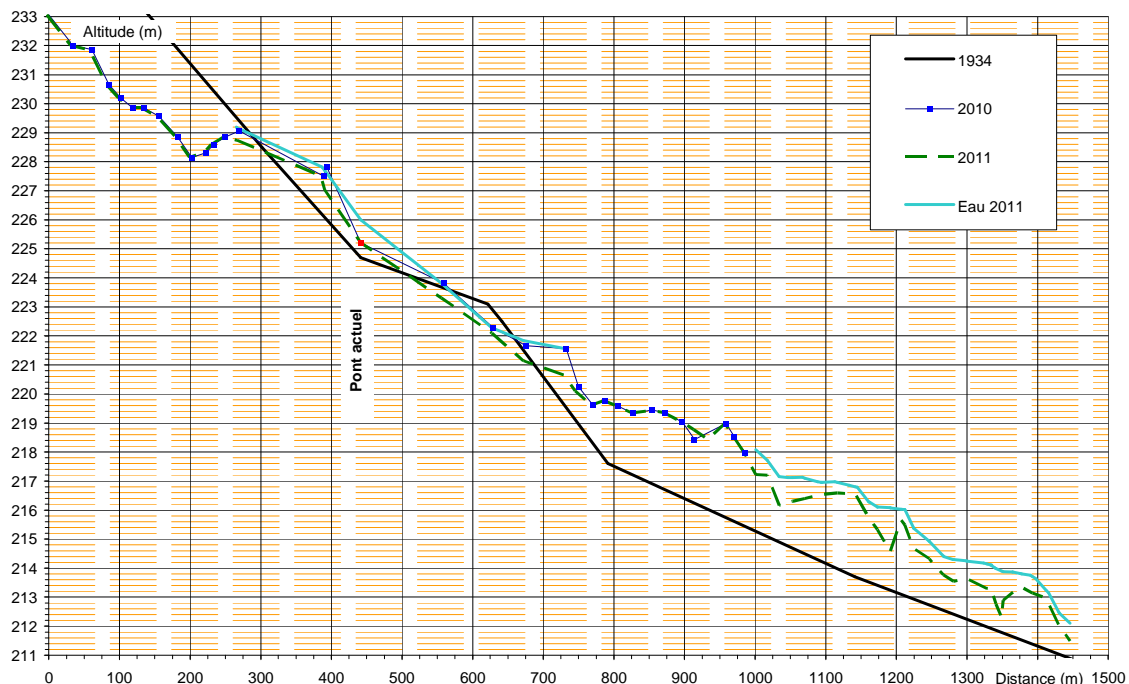


Figure 9 : Comparaison des profils en long disponibles.

Cette figure conduit aux remarques suivantes :

- Au niveau du pont, seul point de calage, les niveaux n'ont pas beaucoup changé même si le lit actuel passe aujourd'hui à gauche du pont. L'engravement serait de l'ordre du mètre.
- En amont, les niveaux sont difficilement comparables à cause d'un espacement excessif des points du levé de 1934 qui explique un niveau particulièrement élevé, mais peu crédible.
- En aval, le lit se serait engravé de 2 à 3 mètres. Ce résultat paraît cependant très exagéré.

La figure ci-dessous montre les profils en long précédents ainsi que la pente de 1.2 % qui semble correspondre - d'après le profil en long de 1934 - à la pente d'équilibre en aval de Rebouillon :

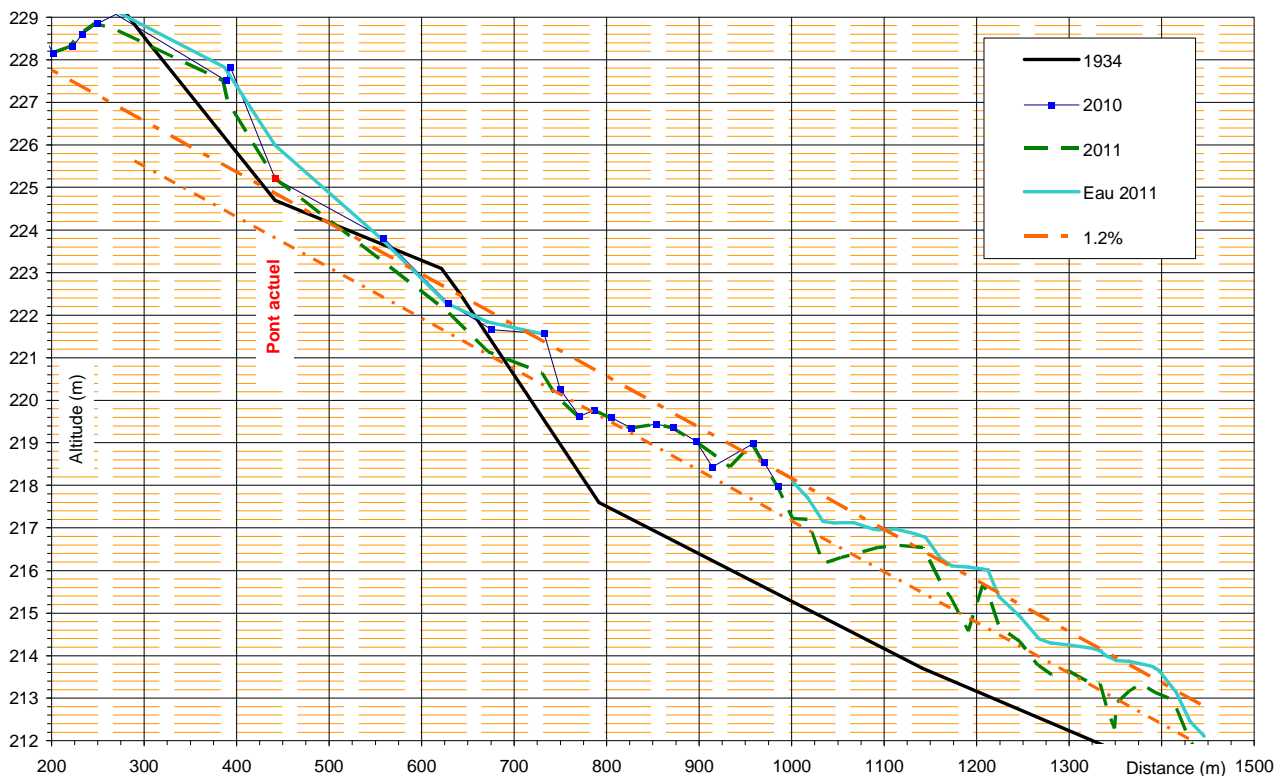


Figure 10 : Analyse des pentes en aval.

La pente a été reportée sur la pente aval actuelle. Elle correspond remarquablement bien à la pente qui s'est formée naturellement dans ce tronçon. Cela valide l'interprétation de la pente indiquée dans le profil en long de 1934. La crue de 2010 ne serait donc pas exceptionnellement chargée en matériaux.

D'autre part, un autre tracé correspond à un curage d'un mètre dans la partie basse par rapport à l'état actuel. On observe que ce tracé abaissé serait encore calé 1 à 2 mètres au dessus du niveau du lit en 1934 (sous réserve d'un calage satisfaisant des abscisses).

Ainsi, un curage d'un mètre paraît prudent par rapport au niveau d'équilibre aval. Il correspond, au niveau du pont actuel, à un niveau d'équilibre à long terme de 223.8 NGF environ. L'abaissement du lit dans la zone de franchissement serait alors de l'ordre de 1.4 mètres, ce qui est très favorable pour la capacité hydraulique de l'aménagement.

Outre le curage initial, un entretien du site est nécessaire, la rupture de pente étant marquée à la sortie des gorges. D'autre part, le franchissement constituera un obstacle lors des crues et facilitera le dépôt en amont, à l'image du passage à gué réalisé en urgence et qui a favorisé le dépôt lors de la crue d'octobre 2010. Enfin, il est probable que les prochaines crues moyennes soient particulièrement chargées en matériaux à causes des nombreuses érosions en cours de stabilisation dans les gorges mais qui ont apporté des matériaux dans le lit.

Ainsi, un suivi topographique est nécessaire dans la zone de Rebouillon et un curage devra être réalisé régulièrement, notamment en amont du nouveau franchissement.

1.2.2.5.3. Situation actuelle et enjeux

Une restauration - et une sécurisation du site sont nécessaires à court terme, le secteur ayant été ravagé par la crue. Outre les habitations "définitivement" détruites, l'ensemble des aménagements liés à la rivière ont été détruits ou gravement dégradés :

- ~ Dans l'état actuel le franchissement de la Nartuby est réalisé par un passage à gué busé. Il s'agit d'un ouvrage construit en urgence qui ne peut être que temporaire. En effet, il est peu pratique et sa capacité hydraulique est limitée. De plus, dans l'état actuel, il majore les risques de débordement en cas de nouvelle crue car il est calé nettement trop haut. Le pont actuel forme un obstacle à l'écoulement et ne peut être réutilisé. Sa destruction est souhaitable à court terme.
- ~ Les berges sont affouillées en rive droite et surtout en rive gauche où des habitations sont menacées. Ces érosions de berge ont détruit le chemin qui longe la Nartuby en rive droite et emporté de nombreuses terres agricoles.
- ~ La station d'épuration ne fonctionne que partiellement, une partie des équipements ayant été emportée.

La photo suivante montre le nouveau lit et l'affouillement des bâtiments en rive gauche :



Photo 16 : Nouveau lit en rive gauche en amont de la station d'épuration.

1.2.2.5.4. Principes d'intervention

Les principes généraux sont les suivants :

1. Dans la mesure du possible, un élargissement du lit doit être recherché. Une largeur d'une quarantaine de mètres serait optimale, mais difficilement inscriptible dans le site. On visera plutôt une largeur d'une trentaine de mètres, ce qui paraît compatible avec le site.
2. Les ouvrages devront être compatibles avec le transit des arbres. En effet, il paraît illusoire d'assurer l'absence de transport d'arbres lors des crues exceptionnelles. La reconquête du lit par la végétation fait partie d'une dynamique naturelle qu'il sera très difficile de combattre à long terme sur des sites aussi difficilement accessibles que les gorges amont, dont le linéaire total dépasse 8 kilomètres.
3. Le profil en long doit être régulier et - si possible - abaissé. Cela entraîne un calage particulièrement bas d'un éventuel seuil de prise d'eau.
4. La commune souhaite globalement la restauration du tracé du lit antérieur à la crue.

Ces principes conduiraient aux aménagements suivants, de l'amont vers l'aval :

- Dans la partie amont de Rebouillon, des débordements ont été observés, mais ils ne semblent pas inacceptables pour une crue aussi forte dont la période de retour est de l'ordre de 200 ans. On visera une largeur d'une trentaine de mètres en aval des premières habitations.
- Dans le secteur du pont, les trois bâtiments en rive gauche paraissent très exposés et leur protection paraît difficile. Leur devenir dépendra des aménagements réalisés sur ce site.
- Le pont devra être reconstruit avec une portée d'une trentaine de mètres et une hauteur suffisante pour éviter la formation d'embâcles. De plus, un entonnement très progressif permettra d'éviter le blocage des arbres. Une variante plus économique avec un passage à gué est aussi proposée.
- Le lit dans le secteur du pont sera curé afin de reprendre les matériaux déposés par la crue et obtenir un lit aussi bas que possible (en tenant compte des niveaux aval). Le tracé "initial" sera globalement restauré, ce qui impose la mise en place de protections de berge.
- La commune souhaite préserver la dalle béton de l'habitation détruite dans la partie aval. Cette conservation semble compatible avec le nouveau lit mais cette dalle sera implantée en sommet de la nouvelle berge.
- En aval du pont, les terrains en rive gauche devront être considérés comme inondables en cas de forte crue. Un léger dévers en direction du lit mineur est conseillé afin d'obtenir une submersion progressive en cas de nouvelle crue exceptionnelle.
- La reconstruction du seuil de prise d'eau doit être étudiée en détail. En effet, ce seuil impose les niveaux du fond et donc la capacité d'écoulement dans ce tronçon. Il paraît donc impératif de caler l'ouvrage aussi bas que possible. On verra qu'une approche globale avec le seuil de la Clappe est préférable. La solution optimale passe peut être par la construction d'un nouveau seuil entre Rebouillon et la Clappe ou l'utilisation unique du seuil en amont.
- Au droit de la station d'épuration, dans la zone étroite, la reconstruction des bassins et des accès ne doit conduire en aucun cas à un rétrécissement du lit. Il en est de même du rétablissement du chemin en rive droite : un rétrécissement du lit par rapport à la situation actuelle n'est pas acceptable. Au contraire, l'opportunité d'élargir le lit dans cette zone par un déroctage ponctuel doit être analysée.

Il apparaît deux solutions très différentes pour le franchissement :

1. Mettre en place un passage à gué avec un ponceau assurant les écoulements ordinaires, les fortes crues passant sur la chaussée. En effet, une route permet de désenclaver les habitations en rive droite sans franchir la Nartuby au prix d'un détour. Ce type d'aménagement est très contraignant avec des débits aussi élevés, car il est difficile de dégager une section suffisante pour laisser passer les plus fortes crues sans débordement.
2. Réaliser un pont de grande portée pour assurer le transit d'au moins 300 m³/s sans débordement.

Ces deux solutions sont comparées ci-dessous, les deux solutions correspondant à des coûts, mais aussi à des niveaux de service, très différents.

Soulignons qu'après cette esquisse des aménagements une étude d'avant projet devra définir et justifier par un calcul hydraulique complet les plans détaillés de l'ouvrage restauré.

D'après les documents qui nous ont été transmis, l'ancien pont aurait souffert lors de la crue et ne pourrait plus être réemployé. Par contre, il apparaît que le site le plus favorable pour un franchissement serait celui de l'actuel pont, notamment parce qu'il permet un raccordement plus facile que le réseau existant et le lit y est plutôt large.

1.2.2.5.5. Entretien

Dans tous les cas de figure, le lit après aménagement sera particulièrement large et l'on devrait observer un boisement progressif des atterrissements en l'absence de forte crue. Cette évolution naturelle doit être combattue, sur l'ensemble de la zone urbanisée de Rebouillon, par un essartement régulier de la végétation.

Il s'agit d'un entretien régulier et contraignant mais sur un linéaire modéré. La crue de 2010 a montré qu'il était nécessaire.

D'autre part, un suivi topographique du lit doit être réalisé. Ce levé du fil d'eau d'étiage devra être levé dans les cas suivants :

- Suspicion d'engrèvement du lit.
- Forte crue (période de retour supérieure à 10 ans).
- Absence de levé depuis plus de 10 ans.

En cas d'engrèvement, un curage du lit devra alors être réalisé pour rétablir les niveaux du projet.

1.2.2.5.6. Aménagement d'un ponceau submersible

1.2.2.5.6.1. Profil transversal

On considère ici que le franchissement sera réalisé au droit du profil 3, qui semble approximativement dans l'axe du pont existant. Cette localisation pourra être optimisée et il ne s'agit ici que de définir les principes de franchissement. En cas de déplacement du projet, les cotes indiquées ici devront être modifiées - en première approximation - en tenant compte d'une pente longitudinale de 1.2 %. La commune de Châteaudouble semble préférer un franchissement nettement plus en amont - à une

vingtaine de mètres en amont du passage à gué provisoire. La faisabilité de cette implantation devra être précisée en fonction des éléments topographiques à venir.

Le lit est relativement étroit pour un passage submersible et des débits aussi élevés. Cela impose une forte pente pour la chaussée afin de dégager la plus grande section possible. Par la suite, le calcul des sections est réalisé en considérant que la pente maximum admissible pour la route est de 10 %, ce qui est élevé pour la route, mais à peine suffisant du point de vue hydraulique.

D'autre part, le ponceau permettant les écoulements ordinaires n'est pas centré dans le lit mais il est dans l'axe de l'ancien lit, le long de la rive droite. Cette disposition permet de maximiser la section de ce petit ouvrage. La figure suivante correspond au profil en travers P3 :

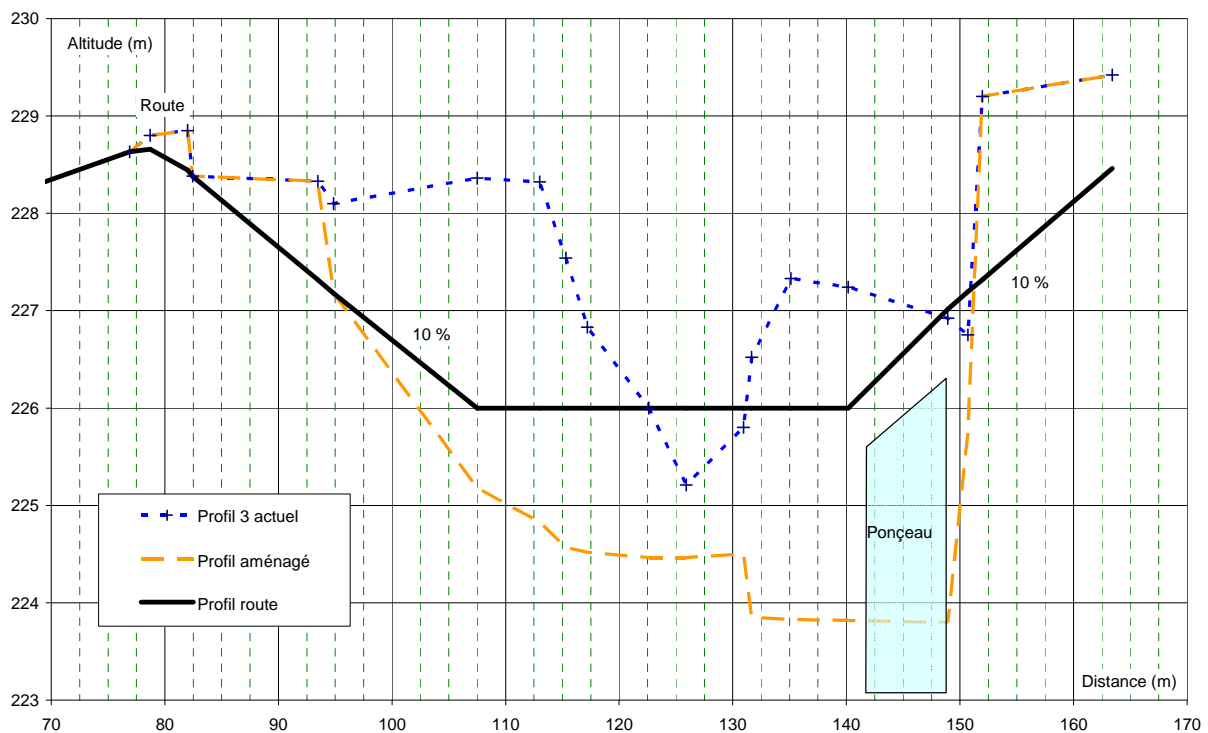


Figure 11 : Profil en travers avant et après aménagement.

Ce graphique indique les éléments suivants :

- ✓ Niveau du lit actuel (en rive droite, c'est le niveau du fond en amont du pont qui est représenté).
- ✓ Niveau de la chaussée avec les rampes d'accès à 10 %. A titre indicatif, un ponceau, d'une portée de 7 mètres environ, est indiqué le long de la rive droite. Ce graphique montre que la pente des rampes d'accès est une forte contrainte. En effet, en rive gauche, la descente dans le lit commence dès le raccordement avec la route de desserte du village. En rive droite, le raccordement impose une reprise de la chaussée au delà du levé du profil transversal. Sur les berges, la route sera encaissée par rapport au terrain.
- ✓ Niveau du lit après aménagement, en aval immédiat de la route. Il s'agit alors de maximiser la section, même si la route constitue l'élément limitant. D'autre part, il est nécessaire de prévoir la restauration du lit aval le long de la rive droite.

Il apparaît qu'il n'est possible d'obtenir, au niveau du point bas, qu'une largeur d'une trentaine de mètres. La figure suivante montre la loi hauteur débit pour un écoulement critique dans une telle section (la capacité hydraulique du ponceau est négligée en considérant qu'il est obstrué durant la crue) :

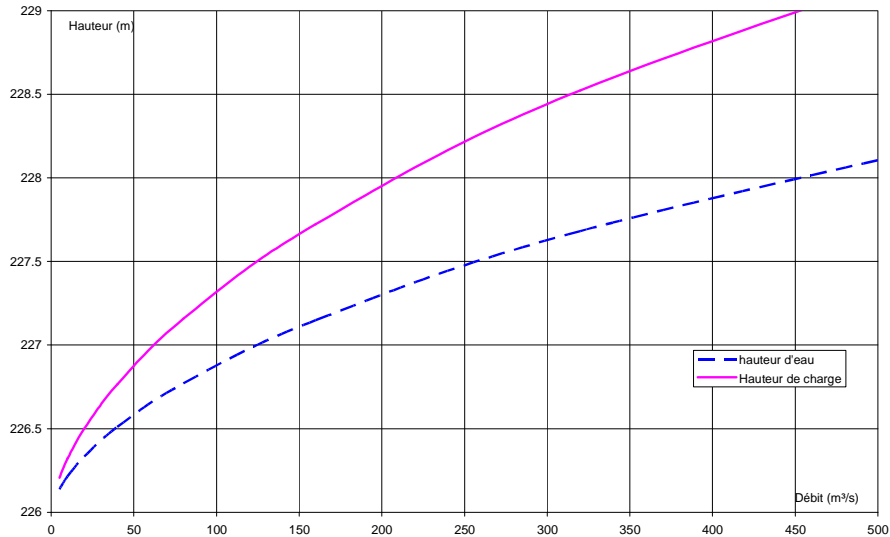


Figure 12 : Capacité de la section au droit de la route.

Ce graphique montre que la cote de la rive gauche, proche de 228.5 m d'altitude, est à peine suffisante pour permettre l'écoulement d'une crue de l'ampleur de celle de 2010 (environ 400 m³/s) ; mais les risques de débordement paraissent faibles pour une crue centennale de l'ordre de 300 m³/s.

Ainsi, la largeur relativement modérée du lit et la faible hauteur de la rive gauche imposent une pente des rampes d'accès de 10 %.

1.2.2.5.6.2. Vue en plan:

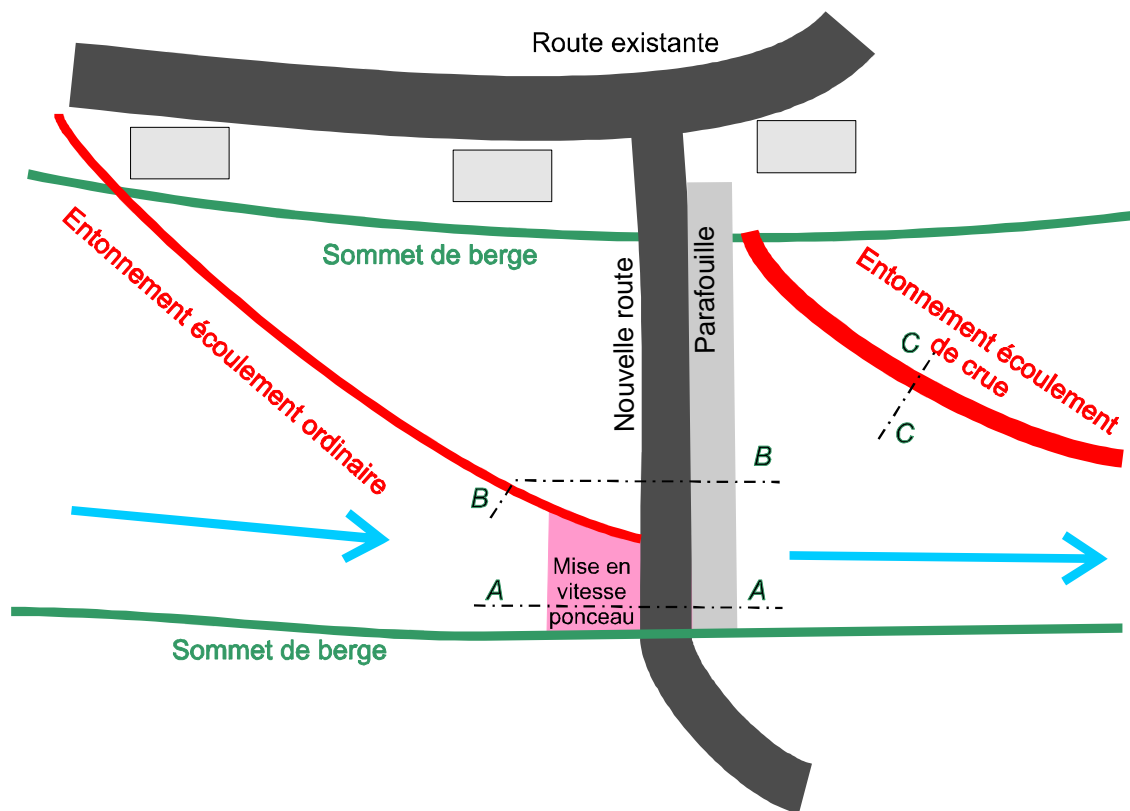


Figure 13 : Vue en plan

- ✓ Un ponceau pour les écoulements ordinaires,
- ✓ Un ouvrage de mise en vitesse nécessaire pour maximiser la capacité de l'ouvrage et maintenir le niveau du lit en amont,
- ✓ Un entonnement permettant de conduire les écoulements ordinaires vers le ponceau,
- ✓ La chaussée avec un parafouille. En effet, cet ouvrage va former une chute et les risques d'affouillements sont ici particulièrement importants.
- ✓ L'entonnement aval permettant de guider l'écoulement vers le lit rétabli dans son tracé initial.

En l'absence de plan topographique, le tracé en plan est schématique. Ce tracé devra être affiné afin de prendre en compte les contraintes foncières ou celles liées à la circulation des véhicules.

Ces différents éléments sont détaillés ci-dessous.

1.2.2.5.6.3. Ponceau et radier

La figure suivante est une coupe schématique de cet ensemble :

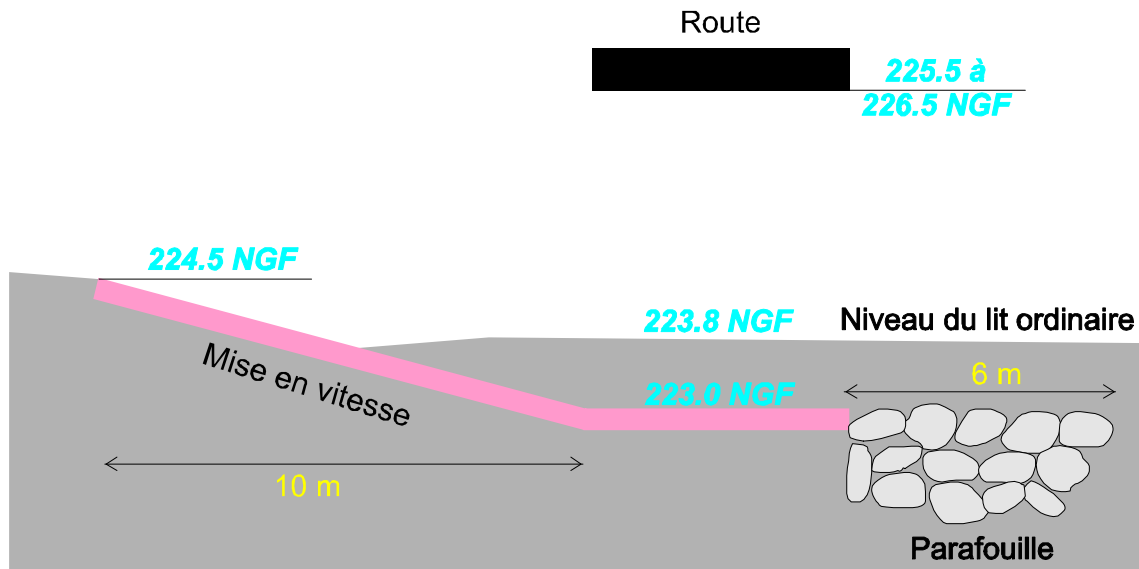


Figure 14 : Coupe AA du ponceau.

En amont, le radier sera calé à 224.5 NGF. Cette cote permet un curage important du lit par rapport à la situation actuelle et réduit ainsi les risques de débordement. Le seuil de mise en vitesse présentera une longueur de 10 mètres, soit une pente constante de l'ordre de 10 %.

En période ordinaire, un dépôt paraît très probable sous l'ouvrage. Le radier sera alors recouvert par des matériaux relativement fins.

Par contre, en période de hautes eaux, la mise en vitesse sous l'ouvrage va, par un effet de contraction de l'écoulement, permettre un surcreusement du lit sous le pont. Le radier devrait alors être découvert avec une forte capacité de transport. Le dépôt se reformera à la fin de la crue. Ce creusement temporaire explique un calage du radier sous le niveau attendu du lit après aménagement.

Le ponceau présentera une portée de 7 mètres. Il est vivement conseillé de réaliser un ouvrage d'une seule portée afin de réduire le risque d'obstruction par les flottants par une pile centrale. Une des culées correspondra à la berge rive droite.

Le radier de mise en vitesse s'évasera vers l'amont, ce qui permet d'abaisser au maximum les niveaux dans le lit amont et de retarder le passage de l'écoulement sur la chaussée. Ainsi, sa largeur passera progressivement de 12 mètres en amont à 7 mètres sous le pont. Cette contraction, sur une longueur de 10 mètres paraît acceptable.

Il est alors possible de calculer la loi hauteur débit pour le ponceau et pour le seuil de mise en vitesse (voir figure page suivante). Le calcul est réalisé avec un écoulement critique (nombre de Froude égal à 1), ce qui est très vraisemblable sur la crête du seuil et qui sous estime probablement les vitesses sous l'ouvrage.

Ce calcul montre que, théoriquement, la hauteur de charge atteint la sous poutre (225.5 minimum) pour un débit de $40 \text{ m}^3/\text{s}$. La hauteur de charge sur la crête du seuil est alors de 226.2 NGF pour un niveau d'eau de 225.6 NGF, soit le niveau prévu pour la protection. Ce calcul est plutôt favorable mais il paraît probable que la capacité avant débordement dépasse $30 \text{ m}^3/\text{s}$, ce qui correspondrait à une

submersion moins d'une fois par an. Ce niveau de protection paraît bien en rapport avec l'utilisation prévue de cet ouvrage.

La figure suivante montre la loi hauteur débit pour une telle réalisation :

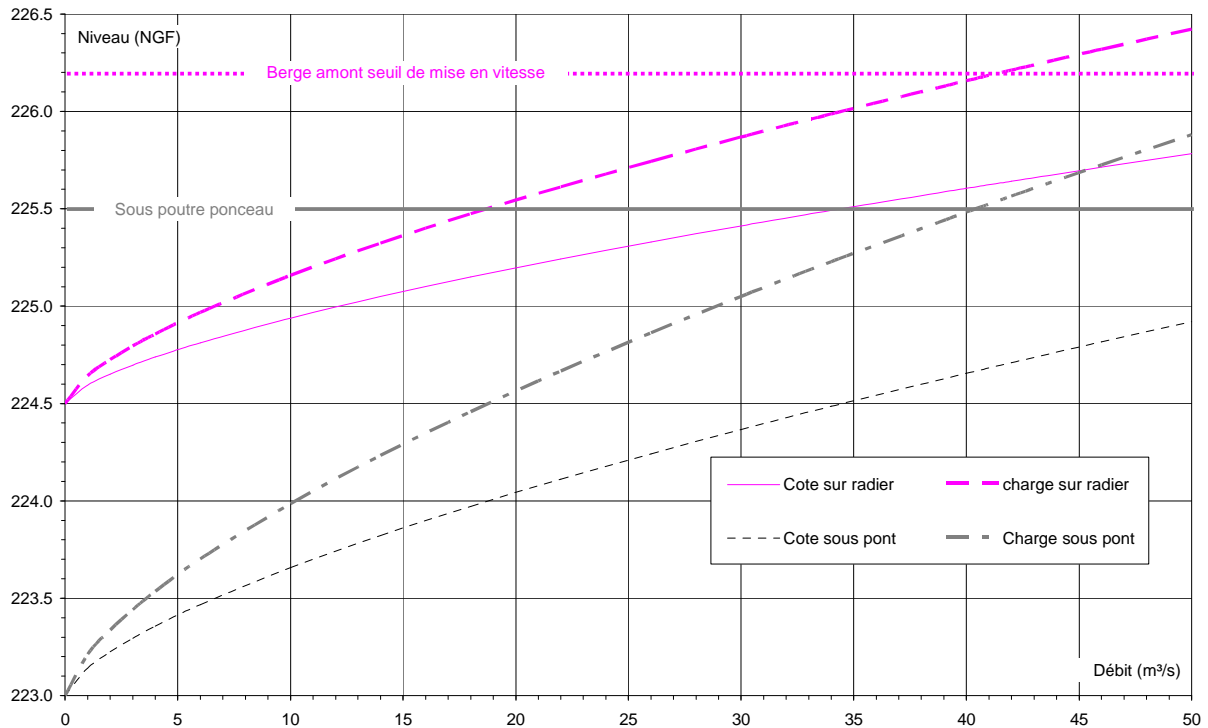


Figure 15 : Loi hauteur débit sous le ponceau et sur la crête du seuil.

Si la prise d'eau devait être reconstruite à Rebouillon (une reconstruction en aval du village paraît préférable), elle pourrait être implantée sur ce seuil, soit avec une prise "par en dessous" en aval immédiat de la crête du seuil, soit par une prise d'eau classique en amont. Une vanne est alors nécessaire pour assurer un auto-curage. Il faut que cette vanne ne constitue pas un obstacle à l'écoulement des crues.

Un éclairage du franchissement - et éventuellement de l'entonnement amont - paraît souhaitable pour éviter que des usagers soient piégés de nuit par une brutale montée des eaux, même si l'ouvrage proposé devrait permettre un débordement très progressif.

1.2.2.5.6.4. Entonnement, chaussée et parafouille

Sur la coupe schématique suivante les cotes de l'endiguement amont correspondent à celles au niveau de la crête du seuil de mise en vitesse :

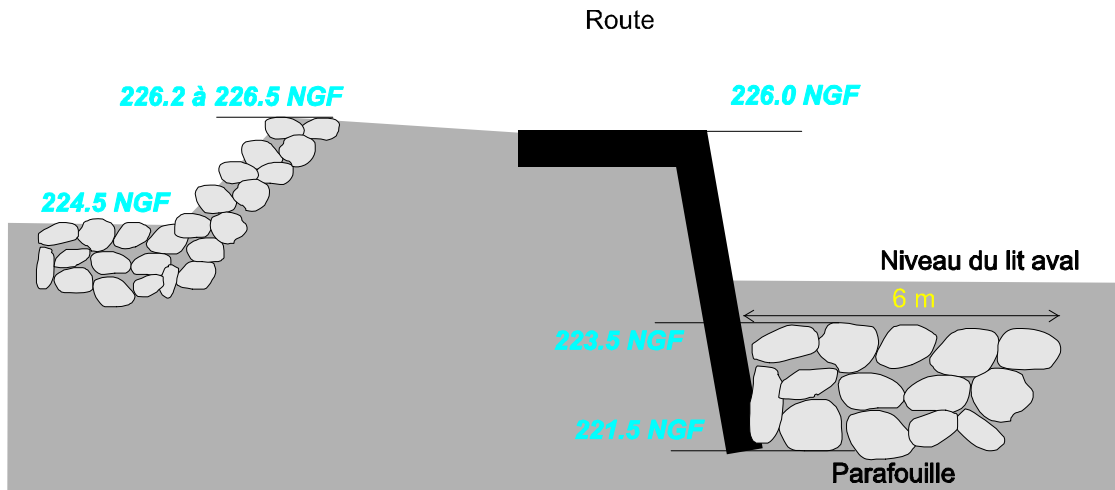


Figure 16 : Coupe BB hors du ponceau.

L'entonnement des crues ordinaires devra être calé entre 226.2 et 226.5 NGF au droit de la crête du seuil. En aval de la crête du seuil, cette cote rejoindra progressivement le niveau de la chaussée au droit de la culée rive gauche du ponceau. Le long du seuil de mise en vitesse, les enrochements présenteront un fruit lentement décroissant jusqu'à tangenter la culée du ponceau. Les enrochements seront liaisonnés avec du béton.

En amont, cette cote sera prolongée avec une pente de 1 % le long de la protection soit une pente de 1.4 % en suivant l'axe du lit si la protection forme un angle de 45 ° avec la direction générale du lit.

Cette cote est supérieure de quelques décimètres seulement à la cote de la chaussée au point le plus bas. Ainsi, le terrain sera nivelé avec une pente régulière - suivant l'axe général du lit - entre le sommet de l'entonnement et la route. Cela permet d'obtenir la variation la plus progressive possible entre l'entonnement amont et le passage à gué et de maximiser la capacité hydraulique de l'aménagement lors des fortes crues.

La chaussée sera constituée en béton afin de résister à l'écoulement des crues. On prendra soin de réaliser une surface rugueuse afin de maximiser l'adhérence des véhicules. En amont, la chaussée sera tangente au lit. En aval, la dénivelée sera variable pour dépasser 2 mètres au droit du ponceau.

On évitera autant que possible des rambardes qui s'opposent à l'écoulement. En cas d'impossibilité, elles devront pouvoir être "facilement" emportées par la rivière et constituer une section aussi faible que possible (une rambarde pleine est à éviter).

Un parafouille est indispensable en aval. En effet, le radier va fonctionner comme un seuil durant la crue avec une forte tendance à un surcreusement en aval. Le parafouille sera constitué de trois couches de blocs (d'un poids unitaire moyen supérieur à une tonne) sur une longueur de 6 m. Le sommet du parafouille sera calé à 223.5 NGF.

1.2.2.5.6.5. Entonnement aval

En aval du franchissement, la commune souhaite restaurer le tracé initial du lit. Il est nécessaire de préserver sur tout le linéaire une largeur d'au moins 30 mètres et de viser une largeur d'une quarantaine de mètres.

Ce n'est que très localement, au droit de la station d'épuration, que la largeur pourra être un peu inférieure à ces valeurs... sans accepter aucun rétrécissement par rapport à l'état actuel. Une protection de berge est nécessaire en aval du franchissement pour retrouver un lit d'une telle largeur. Cette protection formera un angle inférieur à 45 ° avec la direction générale du lit.

Cette protection est définie au § 1.2.2.5.7.3.

1.2.2.5.7. *Aménagement d'un pont insubmersible*

1.2.2.5.7.1. Section de l'ouvrage

Dans ce cas, il est nécessaire de réaliser un pont permettant le passage d'un débit de 300 à 400 m³/s sans débordement majeur. Il ne présentera aucune pile.

Sous ce pont, le niveau du lit après curage sera de 223.8 NGF et on retient pour le calcul hydraulique un engravement durant la crue jusqu'à 224.8 NGF. Dans un premier temps, il est nécessaire de calculer la portée du pont. Le graphique suivant montre le niveau d'eau et le niveau de charge pour des débits de 300 m³/s (proche du débit centennal) et de 400 m³/s, calculés en première approximation en considérant un écoulement critique :

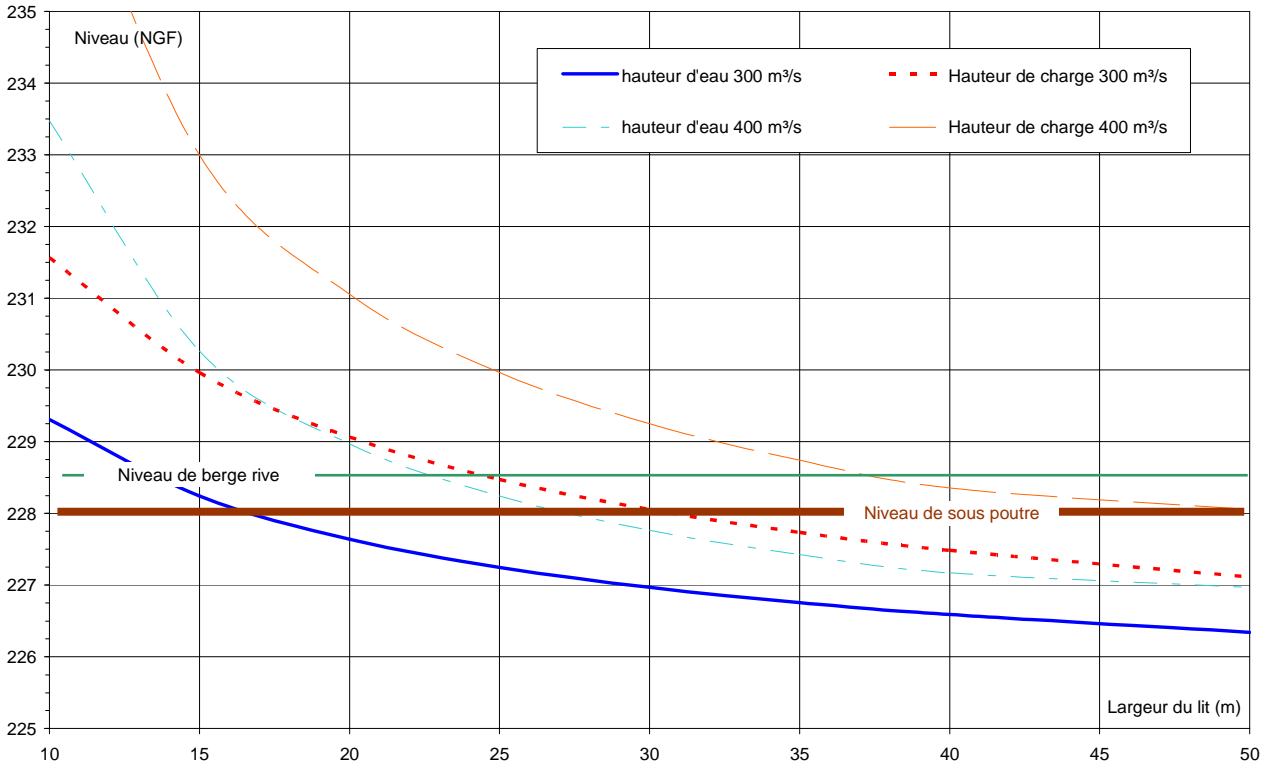


Figure 17 : Relation entre hauteur et largeur sous l'ouvrage.

La poutre d'un pont d'une trentaine de mètres de portée présente couramment une épaisseur de l'ordre de 1.5 à 2 mètres. Même en admettant une montée de la route de 1 mètre pour passer sous le pont, il paraît très difficile de caler la sous poutre au dessus de 228.0 NGF.

Dans un tel cas, il paraît très difficile d'atteindre le niveau de charge correspondant à une crue de 400 m³/s. Pour un tel débit, d'une période de retour proche de 200 ans, on risque des débordements localisés.

Pour le débit de 300 m³/s, plus proche de la crue centennale, la largeur permettant de caler le niveau de charge au niveau de la sous poutre serait de 30 mètres. Dans ce cas, le niveau d'eau atteint 227.0 NGF, soit une revanche d'un mètre. C'est tout juste suffisante pour éviter l'accrochage des flottants. Si la sous poutre devait être baissée de 50 centimètres, alors la portée de l'ouvrage devrait être de 40 mètres.

Ainsi, un pont devra avoir une portée de 30 mètres pour offrir une section suffisante.

On considère ici que le franchissement sera réalisé au droit du profil 3, qui semble approximativement dans l'axe du pont existant. Cette localisation pourra être optimisée et il ne s'agit ici que de définir les principes de franchissement. En cas de déplacement du projet, les cotes indiquées ici devront être modifiées en tenant compte d'une pente longitudinale de 1.2 %.

Ce pont sera implanté approximativement au niveau du pont actuel, avec des culées verticales.

La figure suivante correspond au profil en travers P3 :

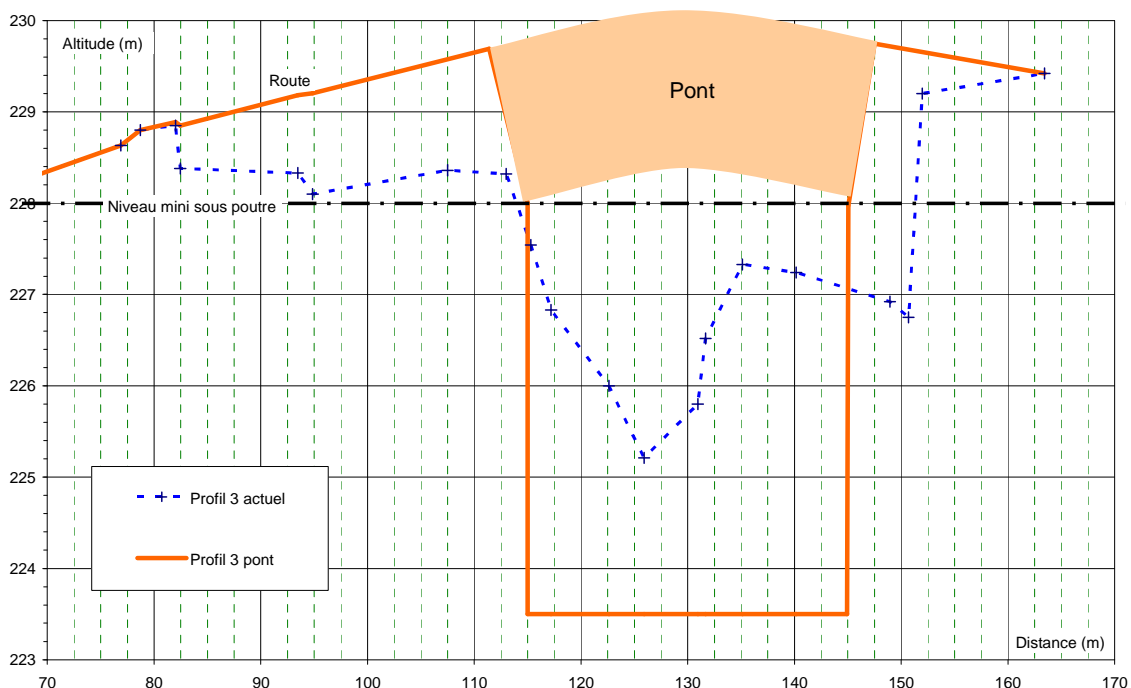


Figure 18 : Profil en travers avant et après aménagement.

Cette figure montre un pont légèrement voûté, ce qui présente un faible surcoût mais apporte des avantages substantiels :

Cela permet une surélévation des niveaux au centre de l'écoulement où les vagues et les flottants sont les plus fréquents.

Les accès routiers à un pont surélevé sont plus faciles quand il est voûté. Autrement dit, il est possible avec la même pente de la route de réaliser un pont plus haut... et donc un peu plus court.

Ce profil transversal montre que dans le site disponible il est illusoire de prévoir un chenal préférentiel pour le contournement du pont : tout le débit liquide doit donc passer sous l'ouvrage.

D'autre part, pour éviter le coincement des flottants, le tablier comme les bajoyers devront être lisses et favoriser l'entonnement de l'écoulement.

1.2.2.5.7.2. Caractéristiques du lit

L'ouvrage s'inscrit facilement dans le tracé général du lit qui présentera une largeur de 30 à 40 mètres dans cette zone. Un entonnement progressif est nécessaire avec une triple vocation :

- Protéger les berges contre l'érosion.
- Assurer une transition régulière de section qui maximisera la section utile sous le pont. Ainsi, les protections de berges seront tangentes aux culées près du pont alors qu'elles présenteront, une cinquantaine de mètres en amont, un fruit de 3H/2V. Sur l'ensemble de cette transition, les enrochements seront liaisonnés avec du béton.
- Réduire les risques d'obstruction par les flottants. En effet, l'absence d'aspérité sur les berges guide les flottants vers l'ouverture du pont et réduit fortement les risques de blocage. Évidemment, aucune pile centrale n'est acceptable.

En aval, une transition progressive serait aussi nécessaire pour réduire les pertes de charge. Cependant, étant donnée la forte pente dans le secteur de Rebouillon, cette précaution ne paraît pas nécessaire et il est possible de réaliser, dès l'aval du pont, des protections en enrochements libres avec une largeur en base de 30 mètres et un fruit de 3H/2V. Ces protections devront assurer la transition très progressive avec le lit aval et la préservation de la dalle de l'ancien bâtiment en rive gauche. Il est nécessaire de préserver sur tout le linéaire une largeur d'au moins 30 mètres et de viser une largeur d'une quarantaine de mètres.

Ce n'est que très localement, au droit de la station d'épuration, que la largeur pourra être un peu inférieure à ces valeurs... sans accepter aucun rétrécissement par rapport à l'état actuel. Une protection de berge est nécessaire en aval du franchissement pour retrouver un lit d'une telle largeur. Cette protection formera un angle inférieur à 45 ° avec la direction générale du lit.

1.2.2.5.7.3. Protections de berge

Les protections de berge auront les caractéristiques suivantes :

- Enrochements libres d'un poids de 250 à 3500 kg (poids moyen 1 000 kg). Les blocs les plus grossiers seront préférentiellement disposés du côté de la rivière. La plus grande dimension du bloc sera perpendiculaire au perré. On cherchera à obtenir une surface aussi rugueuse que possible.
- La disposition des blocs sera dépendante de la hauteur de la protection. En effet, les contraintes hydrauliques les plus fortes sont rencontrées près du fond. Ainsi, les blocs les plus grossiers seront préférentiellement disposés sur le fond alors que les blocs les plus petits seront implantés dans la partie supérieure de la protection. L'épaisseur du perré passera donc de 2 mètres dans la partie basse à 1 mètre seulement au sommet du perré.
- Une couche de transition sera composée d'un géotextile ou d'une couche de 20 centimètres de déchets de carrière (diamètre moyen de 40 mm minimum et d_{80} supérieur à 100 mm).

- Fruit de 3H/2V sauf sur une cinquantaine de mètres en amont du pont où le fruit sera progressivement réduit pour que la berge soit tangente aux culées. Sur ce linéaire, les enrochements seront liaisonnés.
- Sabot de pied de 4 mètres de largeur et de 2.3 mètres d'épaisseur avec des blocs de 250 à 3500 kg. Il sera constitué de trois couches de blocs.
- Le sommet du sabot sera calé à 223.5 m d'altitude au profil 3 (au droit du pont) avec une pente longitudinale de 1.2 % en suivant la direction générale du lit.
- Le sommet du perré sera calé 4 mètres au dessus du fil d'eau d'étiage après curage ou en sommet de berge.

La revégétalisation rapide de la berge pourra être encouragée par percolation de terre entre les blocs et installation de boutures de saules (des essais seront nécessaires pour trouver les techniques les plus efficaces). Cette végétalisation - optionnelle - n'est pas fonctionnelle et peut être omise. Elle reste conseillée pour faciliter l'intégration de l'ouvrage dans le site.

D'autre part, sur une hauteur d'un mètre au dessus du sommet des enrochements, la berge pourra être talutée avec un fruit de 2H/1V minimum (3H/1V de préférence) et soigneusement végétalisée. Cette précaution permet de faire face à une surélévation modérée et temporaire du niveau d'eau. Elle est cependant loin de procurer la même résistance que les enrochements mais son coût est très faible. Cette protection n'est envisageable que si le terrain est régulièrement arrosé afin de permettre le développement de saules. Dans le cas contraire, la protection en enrochements sera prolongée sur une hauteur supplémentaire de 0.5 à 1 mètre et une épaisseur de 0.8 à 1 m. La figure suivante schématise ce type de construction :

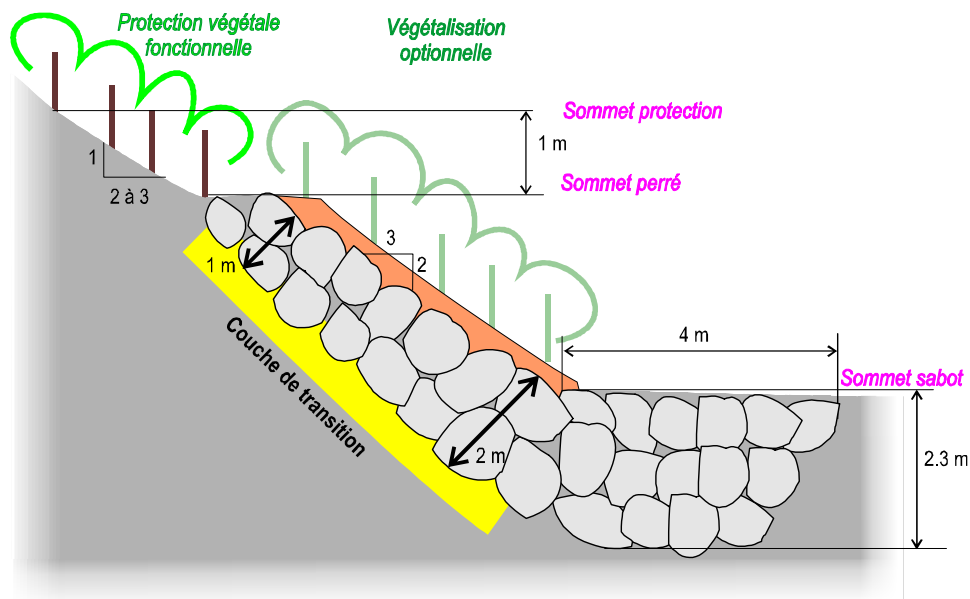


Figure 19 : Coupe schématique des protections de berge.

Cette protection est indispensable le long de la rive gauche. En rive droite, des murs ont localement résisté à la crue. La mise en place d'une telle protection est moins nécessaire, des confortements, principalement en pied pouvant être suffisants.

1.2.2.6. Lit aval

La photo suivante, issue du Géoportail, montre ce tronçon :



Figure 20 : Vue d'ensemble de la partie amont de la commune.

C11 - Lit étroit en aval de Rebouillon - Chemin des Launes

En aval de Rebouillon, le lit reste étroit, à l'image de la vallée. La photo suivante montre l'érosion des ouvrages de la rive droite :



Photo 17 : Érosion des ouvrages en aval de Rebouillon.

Le chemin des Launes suivait le lit de la Nartuby et était légèrement dégradé lors des crues précédentes. Il a été ici fortement dégradé et localement emporté.

Les débits extrêmes de la Nartuby ont causé des érosions de berge très importantes dans la partie amont. Il semblerait que la crue ait détruit les terrasses vraisemblablement reconstruites après la crue de 1830.

La destruction du chemin le long de la berge sur la quasi-totalité du linéaire montre qu'une contraction du lit entraîne de très fortes contraintes hydrauliques. **Ainsi, un rétrécissement du lit actuel doit être évité tant en rive gauche qu'en rive droite.**

Une protection de berge dans cette zone ne paraît pas indispensable, les vestiges des protections existantes paraissant suffisants par rapport à l'usage des terrains en retrait.

Concernant le chemin, la meilleure solution consiste à le reconstruire en retrait, préférentiellement en pied de versant ou sur les terrasses existantes. Cela permet de réduire les contraintes à long terme.

Lorsque le passage le long du lit est inévitable, une protection en enrochements devra être mise en œuvre. On cherchera à reculer les protections afin de ne pas réduire la largeur du lit.

Cette solution doit être mise en œuvre au cas par cas, en tenant compte de la desserte attendue mais aussi des inévitables contraintes foncières.

C12 - Divagations aval - Pisciculture

De larges divagations sont observables dans la partie aval. Cette situation correspond au fonctionnement naturel de la Nartuby, avec une réduction progressive de la pente. La limite de commune présentait avant la crue de 2010 un tracé localement très différent de celui de la Nartuby.

Dans la partie aval, un lac utilisé par une pisciculture a été totalement détruit lors de la crue.

Dans cette zone, les boisements en place, combinés aux apports de bois amont ont formé des embâcles favorisant l'instabilité du tracé en plan du lit. La photo suivante montre un écoulement largement indépendant du lit mineur avec évidemment une destruction généralisée des boisements :



Photo 18 : Large divagation en amont du seuil de la Clappe.

Le devenir de cette zone dépend largement des attentes par rapport aux terrains riverains. La conservation du lit actuel conduirait naturellement à une fermeture progressive du lit sous l'effet du développement de la végétation.

Au contraire, le recalibrage et la rectification du lit sont déconseillés car ils supprimeraient les possibilités de régulation des débits solides et de laminage des débits liquides dans cette zone. Une reconquête des berges est envisageable sous une double contrainte :

- Préserver un lit majeur inondable d'une cinquantaine de mètres de largeur,
- Accepter la submersion des berges et éviter la mise en place de protection.

Une restauration de la pisciculture est envisageable mais risque d'être coûteuse. Elle ne doit pas conduire à une contraction du lit majeur.

Enfin, l'évolution du lit dans ce secteur est très dépendant du devenir du seuil de la Clappe, implanté sur la commune de Draguignan.

1.2.3. Amont de la commune de Draguignan

1.2.3.1. Caractéristiques générales

Le tronçon amont de Draguignan se caractérise par un lit mineur étroit et emboîté dans un lit majeur qui dépasse rarement 200 mètres. En effet, le lit majeur est surélevé en rive gauche sur l'essentiel du linéaire.

En aval du seuil de la Clappe, la pente est remarquablement constante jusqu'à Trans et les évolutions du lit mineur sont d'autant plus réduites qu'il présente une faible capacité hydraulique. Le débit dans le lit a donc été relativement modéré au prix de débordements massifs.

1.2.3.2. Priorité des interventions

Repère	Site	Nature	Priorité ⁴
D1	Seuil de la Clappe	Prévention des engravements amont	1
D2	Route rive droite entre la Clappe et le pont d'Aups	Protections ponctuelles	2
D3	Remblai du pont d'Aups	Gestion des débordements	3
D4	Lit à l'amont du Petit Plan	Augmentation de capacité Gestion des débordements	1

Pour le seuil de la Clappe, une étude, commune avec celle de la traversée de Rebouillon paraît indispensable. Son coût a déjà été estimé à 35 k€.

Les autres aménagements doivent être cohérents avec celui de la traversée de Draguignan dont les principes sont exposés par la suite. Le coût de l'étude hydraulique dans la traversée de Draguignan est défini par la suite.

⁴ Les chiffres correspondant aux niveaux de priorité sont les suivants :

- Niveau 1 : Intervention prioritaire au regard des enjeux et des évolutions probables à moyen terme,
- Niveau 2 : intervention de seconde priorité.
- Niveau 3 : intervention non prioritaire.

1.2.3.3. Secteur de la Clappe

D1 - Seuil de la Clappe

Le seuil de la Clappe permet, avec celui de Rebouillon, l'alimentation du canal de Draguignan. Il présente une hauteur proche de 2.5 mètres... ce qui entraîne une remontée des niveaux du lit en amont. Ce seuil amorce un cercle vicieux comme le montre le graphique suivant :

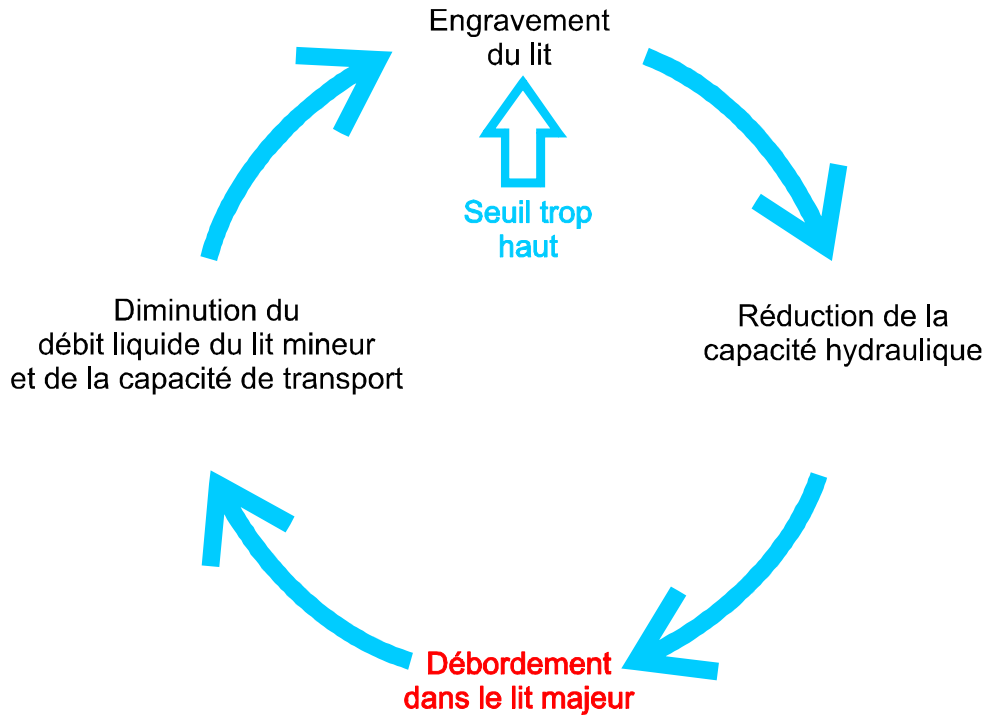


Figure 20bis : Dépôt temporaire en amont d'un rétrécissement.

Ainsi, une très forte fraction du débit a débordé lors de la crue en direction du hameau de la Clappe et le lit mineur a été peu sollicité. Cependant, le dépôt s'est étendu vers l'amont, probablement jusqu'à la pisciculture, voire au delà ; ce point devra évidemment être analysé avec l'aide d'un levé du profil en long.

Le seuil de la Clappe a donc une influence qui s'étend largement en amont. La photo page suivante montre le lit avec sa très faible capacité en amont du seuil.



Photo 19 : Réduction de la capacité du lit en amont du seuil de la Clappe.

Le débordement ayant été très important, le seuil n'a été que peu sollicité lors de la crue. Il est globalement en bon état. La question de sa reconstruction - ou sa suppression - est cependant posée si l'on souhaite éviter des débordements trop fréquents dans la partie amont.

Un curage est ici totalement illusoire : le seuil constitue un point fixe et le lit remontera en amont du seuil. Par contre, les matériaux étant arrêtés par le seuil jusqu'au rétablissement de la pente d'équilibre manqueront en aval... ce qui provoquera des érosions.

Une remontée de la berge formant digue conduirait - si l'on veut éviter une rupture brutale en cas de dépassement de la crue de projet - à des coûts considérables. De plus, elle ne permettrait pas de laminage de la crue dans une zone qui est beaucoup moins urbanisée qu'en aval.

D'après les éléments qui nous ont été communiqués, ce seuil alimente le même canal que le seuil de Rebouillon, ce dernier étant utilisé lorsque l'infiltration réduit les débits à la Clappe.

Cinq solutions peuvent être envisagées :

1. L'abaissement du seuil de la Clappe, ce qui imposerait probablement son déplacement en amont. Dans ce cas, le seuil de Rebouillon resterait nécessaire lors des étiages les plus sévères.
2. La mise en place d'une vanne de grande capacité permettant d'assurer le transit des matériaux lors des périodes de hautes eaux et de prévenir l'engravement du lit en amont sur le long terme. Cet ouvrage est coûteux et sa gestion n'est pas aisée.
3. L'utilisation du seuil de Rebouillon et la destruction de celui de la Clappe. Cette solution minimise l'impact du prélèvement d'eau sur la Nartuby.
4. La construction d'un nouveau seuil en aval de Rebouillon, ce qui permet d'implanter le seuil dans un site moins sensible au risque de débordement et de minimiser la longueur de canal nécessaire.
5. L'utilisation unique du seuil en amont de Rebouillon, ce seuil étant implanté dans la partie finale des gorges, pour l'alimentation de l'ensemble des canaux en aval.

Le choix d'une de ces solutions dépendra de l'usage du canal et des écoulements d'étiage.

1.2.3.4. De la Clappe au Pont d'Aups

1.2.3.4.1. Caractéristiques générales

Ce secteur permet un étalement de la crue, ce qui facilite un laminage des éventuelles vagues liées aux débâcles, la pente étant de l'ordre de 5 à 6 ‰. La faible capacité du lit découle d'une section réduite (gain à long terme par les riverains) et d'un boisement excessif.

Cette zone représente l'une des principales zones d'expansion des crues en amont des urbanisations. Elle doit donc être conservée.

Concernant les risques d'inondation pour les quelques habitations implantées dans ce tronçon, le déplacement constitue la solution la plus satisfaisante si elle est acceptée par les riverains. Dans le cas contraire, la réduction de la vulnérabilité associée à un système d'alerte peut constituer un compromis satisfaisant. Évidemment toute nouvelle construction est à éviter.

L'aménagement de cette zone doit donc passer par les étapes suivantes :

- Le débit liquide correspondant aux premiers débordements doit être déterminé dans la traversée de Draguignan, en tenant compte des aménagements qui y seront réalisés.
- La capacité de ce tronçon amont doit être globalement un peu inférieure à cette capacité limite afin de maximiser le gain de laminage des crues en retardant le débordement.
- Lorsque la capacité hydraulique du lit mineur est inférieure à ce débit objectif, alors le lit sera élargi et la végétation entretenue afin d'éviter un débordement.

L'accroissement de la capacité hydraulique du lit mineur imposera des protections de berges, notamment dans les coudes.

1.2.3.4.2. Interventions nécessaires

D2 - Route rive droite

De la Clappe à l'amont du pont d'Aups, le lit mineur est étroit et le lit majeur n'est occupé que par quelques maisons isolées. Une route très secondaire longe la rive droite. Elle a localement été affouillée, comme le montre la photo suivante :



Photo 18 : Lit étroit en amont du pont d'Aups.

Les principales dégradations dans cette zone découlent des érosions de berges qui menacent la route. Deux démarches peuvent être envisagées :

- Dans la mesure du possible, l'implantation de la route en retrait permet d'éviter les dégradations par la Nartuby et la mise en place de protections de berge. Cette solution est préférable par rapport à la rivière mais ne sera vraisemblablement pas possible partout.
- La mise en place de protections de berge - ou localement de reprise en sous œuvre - peut être envisagée. Elle ne devra pas conduire à un rétrécissement du lit et il convient de s'assurer, lorsque la capacité hydraulique paraît faible, qu'un élargissement de la rive opposée sera possible.

La faible pente et la capacité réduite du lit mineur autorisent ici la mise en place de protection de berge mixte :

- Dans la partie basse et régulièrement immergée, un para fouille en enrochements est immédiatement efficace et adapté.
- Dans la partie supérieure, les submersions sont suffisamment rares pour permettre le développement de la végétation. Même en crue, les contraintes hydrauliques restent suffisamment faibles.

A titre indicatif, la figure suivante montre ce type de protection :

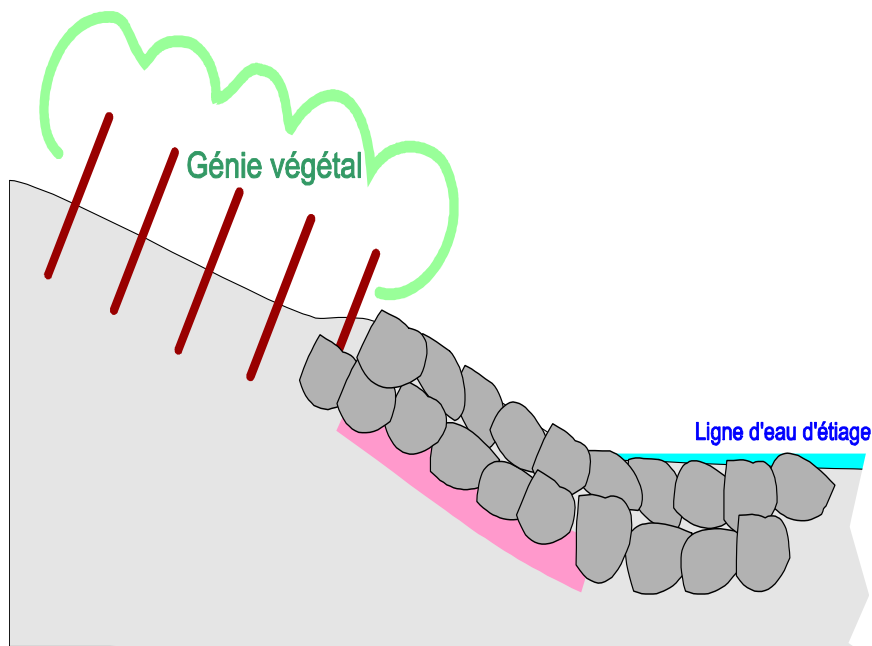


Figure 21 : Protection mixte.

D3 - Secteur du Pont d'Aups

Le remblai de l'ancienne voie ferrée constitue un obstacle aux crues avec pour conséquences une inondation importante en amont et des survitesses localisées en aval. Le remblai avait - antérieurement à la crue - été entaillé localement afin de permettre l'installation d'une station de pompage. Cette brèche s'est fortement élargie lors de la crue.

L'objectif dans cette zone doit à la fois assurer la protection contre l'inondation des crues moyennes et permettre la submersion et la rétention lors des fortes crues afin de retarder la submersion des zones d'habitat concentré de Draguignan. La nature précise des travaux doit être analysée en comparant - comme en amont - la capacité du lit mineur à la capacité limite dans la zone urbanisée en aval.

1.2.3.5. Du pont d'Aups à l'amont du Petit Plan

D4 - lit à l'amont du Petit Plan

Ce secteur présente des caractéristiques naturelles assez proches de celles du tronçon précédent :

- Un lit mineur à faible capacité sous l'effet d'un lit étroit et d'une conquête de la végétation qui a permis la formation d'embâcles réduisant considérablement le débit dans le lit mineur.
- Un lit majeur relativement étendu.

La photo aérienne suivante, issue du Géoportail, montre l'occupation de l'espace sur les deux berges entre le pont d'Aups et le Pont de Lorgues :

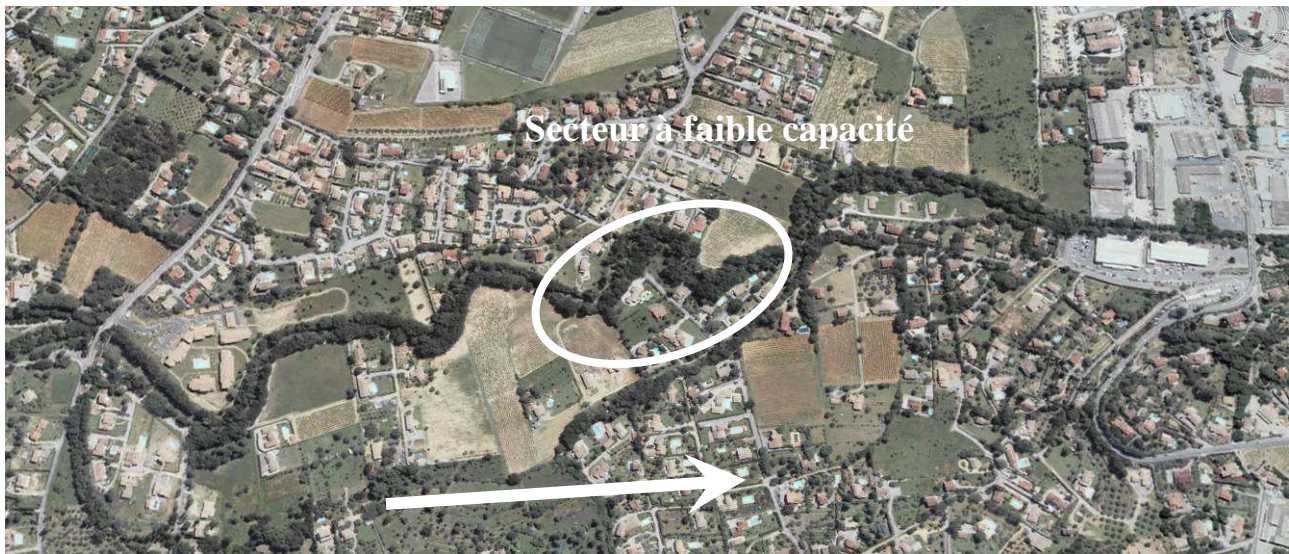


Figure 19 : Vue d'ensemble du lit en aval du pont d'Aups.

Cette dissymétrie n'est pas due au hasard mais à des terrains en rive gauche implantés nettement au dessus de la rivière. Ils ont d'ailleurs été peu inondés. La capacité du lit mineur est localement très faible, notamment sous l'effet d'une conquête de l'espace par les riverains et d'une diminution de la largeur du lit, chacun cherchant à gagner du terrain sur la rivière ou à empêcher l'érosion de sa berge par l'accumulation de matériaux divers dans le lit mineur.

De plus, la végétation s'est considérablement développée, favorisant ensuite la formation d'embâcles. Enfin ce tronçon montre des divagations particulièrement marquées avec des coudes brutaux où l'érosion en extrados aurait pu être considérable si la capacité du lit mineur n'avait pas été aussi réduite.

L'analyse des laisses de crues montre que la pente de la ligne d'eau a été particulièrement forte dans le secteur de la Ceriseraie, juste en amont du Petit Plan, ce qui traduit une faible capacité hydraulique. En effet, le lit majeur est ici relativement étroit et densément urbanisé. On observe d'ailleurs que de nombreux riverains croient se protéger en construisant des murs transversaux... qui augmenteront le niveau lors des prochaines crues exceptionnelles.

Ce constat, montre - a contrario - que la capacité globale du lit en amont est plus satisfaisante, notamment grâce à un débordement massif dans le lit majeur rive droite, potentialité qui doit être préservée, et même développée, pour les crues exceptionnelles.

La photo suivante montre le lit très étroit en amont du Petit Plan :



Photo 20 bis : Faible capacité du lit mineur.

Ainsi, la stratégie générale d'aménagement vise à la fois une augmentation de la capacité du lit mineur et l'acceptation d'un débordement dans le lit majeur, principalement en rive droite :

- La maximisation de la capacité du lit mineur (accroissement de section et réduction de la rugosité et des embâcles). Ce travail doit être notamment réalisé dans tous les secteurs où la capacité hydraulique actuelle est particulièrement faible. Cet entretien rigoureux se justifie par de nombreuses habitations potentiellement inondables mais aussi par la nécessité de réduire les apports de flottants dans la zone aval.
- D'autre part, il semblerait que le lit se soit engravé dans cette zone, sans doute en lien avec des débordements importants. Un curage du lit permettrait un gain important de la capacité de transport et serait durable, la continuité du transport solide étant rétablie.
- L'acceptation de débordement dans le lit majeur avec la limitation de la zone inondable par des digues de faible hauteur et submersibles. Dans ce type d'aménagement, la submersion d'une rive peut être acceptée, principalement en rive droite dans ce secteur.

La figure suivante est une coupe schématique du lit élargi avec l'inondation maîtrisée du lit majeur :

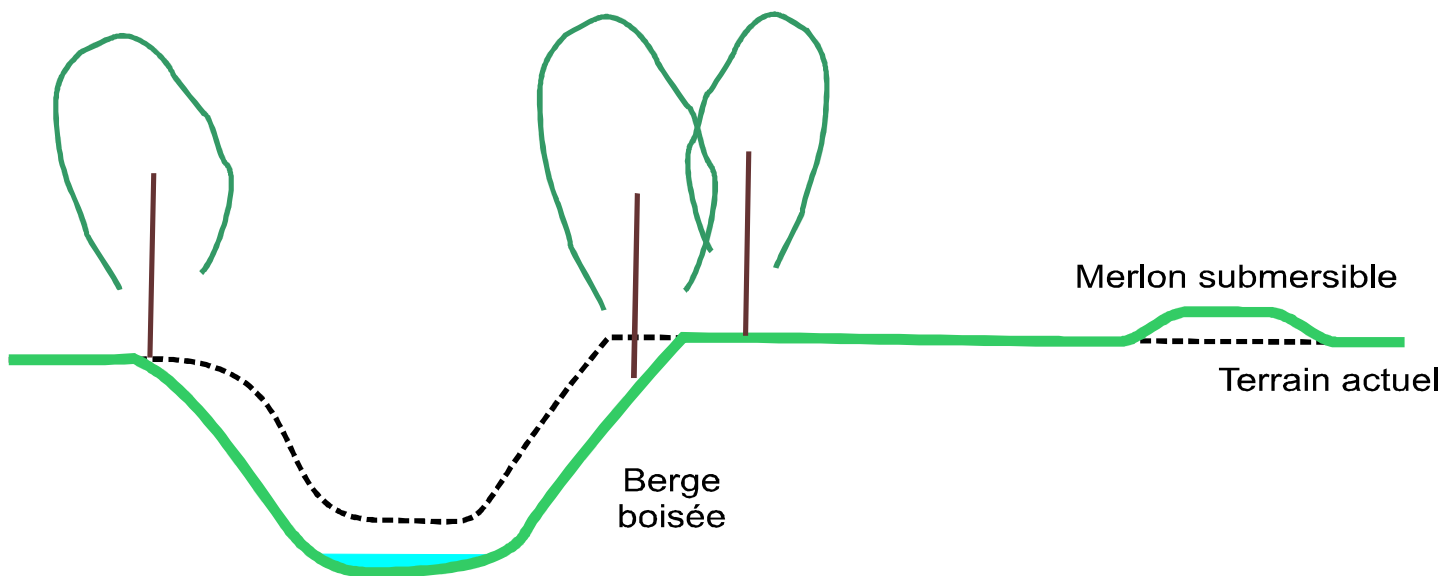


Figure 20 bis : Coupe schématique d'un lit élargi et entretenu.

Il paraît inévitable que quelques habitations - certaines très récentes - restent très exposées au risque de crue. Le déplacement constitue la solution la plus satisfaisante si elle est acceptée par les riverains.

Dans le cas contraire, la réduction de la vulnérabilité associée à un système d'alerte peut constituer un compromis satisfaisant. Toute nouvelle construction est à éviter.

D'autre part, une protection de berge doit être prévue dans les coudes les plus marqués lorsqu'une habitation est située à moins de 50 mètres. Une technique mixte (enrochements dans la partie inférieure, protection végétale dans la partie supérieure) peut être envisagée.

2. LA PLAINE URBANISÉE DE DRAGUIGNAN À TRANS

2.1. Introduction

C'est à partir du Petit Plan que s'accroît fortement l'occupation urbaine dans la plaine inondable; c'est aussi à partir de ce même lieu que la crue de juin 2010 a pu s'étaler fortement dans des quartiers d'habitation et les zones d'activités de Draguignan et de Trans.

La morphologie de la rivière présente les mêmes caractères depuis le Petit Plan en amont jusqu'au centre ancien de Trans où se situent les cascades. La pente de la rivière est dans cette plaine régulière, mais encore forte : elle était de 5.1/1000 d'après le levé du profil de mars 1934 archivé par l'IGN et disponible sur internet et n'a pas changé de façon appréciable depuis cette date. On ne trouve plus dans cette section de rivière les mécanismes d'érosion que l'on a décrits dans la section précédente; en revanche l'inondation de juin 2010 y a recouvert des superficies considérables, avec des hauteurs d'eau dangereuses et la présence d'enjeux majeurs pour l'activité économique de la région. La continuité hydraulique et morphologique et l'identité des enjeux nous conduisent à traiter ensemble les problèmes posés par les crues dans les deux communes.

2.2. Analyse du mécanisme de l'inondation

2.2.1. Entre le Petit Plan et Saint Hermentaire

Contenue au pont d'Aups dans une largeur de 250 m, la crue de juin 2010 a déversé la majeure partie de son débit dans la plaine rive gauche appelée Petit Plan; la berge étant peu élevée et l'occupation urbaine y étant quasi absente, le déversement sur cette rive gauche a été en juin 2010 d'autant plus important que la largeur inondable est réduite en rive droite. En outre, la berge rive gauche est sur une longueur de 300 mètres peu encombrée par les obstacles. Enfin la plaine est « en toit », ce qui veut dire que la cote de berge est plus élevée que les terrains éloignés, ce qui témoigne d'une sédimentation contemporaine et aggrave les hauteurs de submersion loin de la rivière.

La faible capacité du lit de la Nartuby au droit du Petit Plan a été notée dans toutes les études antérieures; le rapport BCEOM 2001 estime à 80 m³/s le débit à partir duquel se produit le débordement. On peut penser alors qu'un débit de 250 à 350 m³/s a déversé en rive gauche au Petit Plan.

La largeur inondée en rive gauche atteint 900 m au maximum au droit de l'avenue Brossolette qui mène au pont de Lorgues. A partir de là, la maison d'arrêt puis la butte du Salamandrier où est implanté le magasin Carrefour vont séparer l'inondation en deux parties distinctes : à gauche, les eaux vont s'élever à l'horizontale dans les quartiers de Ferrages et Maljournal construit sur des terrains bas et anciennement marécageux.

A droite de la butte, le lit majeur se resserre progressivement à une largeur de 250 m ,jusqu’au pont de Saint Hermentaire où un débit important rejoint la Nartuby par sur-verse sur la berge rive gauche.

C’est dans la partie la plus large du lit majeur que vont paradoxalement être observées les plus fortes submersions le 15 juin 2010 : dans le quartier de Maljournal, la hauteur d’eau a atteint 3.50 m d’après le plan au 1/5000 qui a permis l’élaboration du PPRI; sur l’avenue Brossolette, au droit de la maison d’arrêt, la hauteur d’eau maximum a atteint 2.50 m.

La difficulté rencontrée par l’écoulement à rejoindre le lit de la Nartuby explique, avec la puissance de la crue, les niveaux extrêmement élevés et dangereux observés dans ces quartiers :

- Les fortes hauteurs d’eau pourraient être dues au rétrécissement du lit majeur en aval; mais dans ce rétrécissement les hauteurs d’eau restent inférieures à celles constatées autour de la maison d’arrêt.
- L’occupation du sol par les bâtiments industriels ou commerciaux laisse peu de place au retour des eaux débordées vers le lit de la Nartuby; on notera cependant le rôle important quoique insuffisant qu’a joué la voie Pompidou dans ce retour des eaux à la Nartuby.
- La berge rive gauche de la Nartuby est très élevée près du pont de la voie Pompidou, ce qui contrarie le retour des eaux dans la rivière. L’érosion de cette berge en aval immédiat du pont de la voie Pompidou démontre que le retour des eaux s’est effectué en créant une chute (par dessus la sortie du collecteur pluvial visible sur la photo) et donc une retenue d’eau en amont.



Photo 21 (DDTM) - Retour des eaux à la Nartuby au droit de la voie Pompidou

Dans la section d’écoulement située entre le carrefour Saint Exupéry et la Nartuby en aval et parallèlement à la voie Pompidou, le niveau maximum a été de 175.33 NGF en rive gauche et en rive droite de 173.91 NGF seulement, soit 1.40 m de différence. Cette différence entre les

niveaux maxima des crues en rive gauche et en rive droite confirme l'existence de cette chute ; on pourra objecter que la chute est due à l'effet de vidange à la décrue, mais cet argument n'est pas recevable puisqu'il s'agit de niveaux au maximum de la crue.

Les niveaux élevés autour de la maison d'arrêt et dans le quartier de Maljournal révèlent donc un dysfonctionnement majeur des écoulements en aval de cette zone, dysfonctionnement dû à la présence de la prison, à la densité des constructions et à la difficulté de retour des eaux par dessus la berge de la Nartuby. Une action conjointe sur ces causes peut donc permettre un abaissement important des niveaux d'une crue de débit donné, même en l'absence de tout autre aménagement : elle paraît essentielle du point de vue de la sécurité des personnes et intéressante du point de vue de la réduction des dégâts matériels.

Facilité des débordements en amont, difficulté du retour des eaux à la Nartuby en aval, cette explication montre clairement les voies à explorer pour réduire la fréquence de l'inondation ou en limiter les effets pour les plus fortes crues : il faut rendre plus difficile le débordement en amont au Petit Plan et faciliter le retour des eaux vers la Nartuby en aval, à Saint Hermentaire.

2.2.2. Saint Hermentaire – Salamandrier

La DDTM nous a communiqué le dossier d'avant projet du redressement et du calibrage du lit de la Nartuby réalisé dans les années 1980. Cet aménagement constituait la 3^{ème} et dernière tranche d'un projet de calibrage du lit le long de la zone industrielle. Il comportait le calibrage d'un chenal trapézoïdal de 12 m de largeur et 4 m de profondeur entre des berges de fruit 2/1.

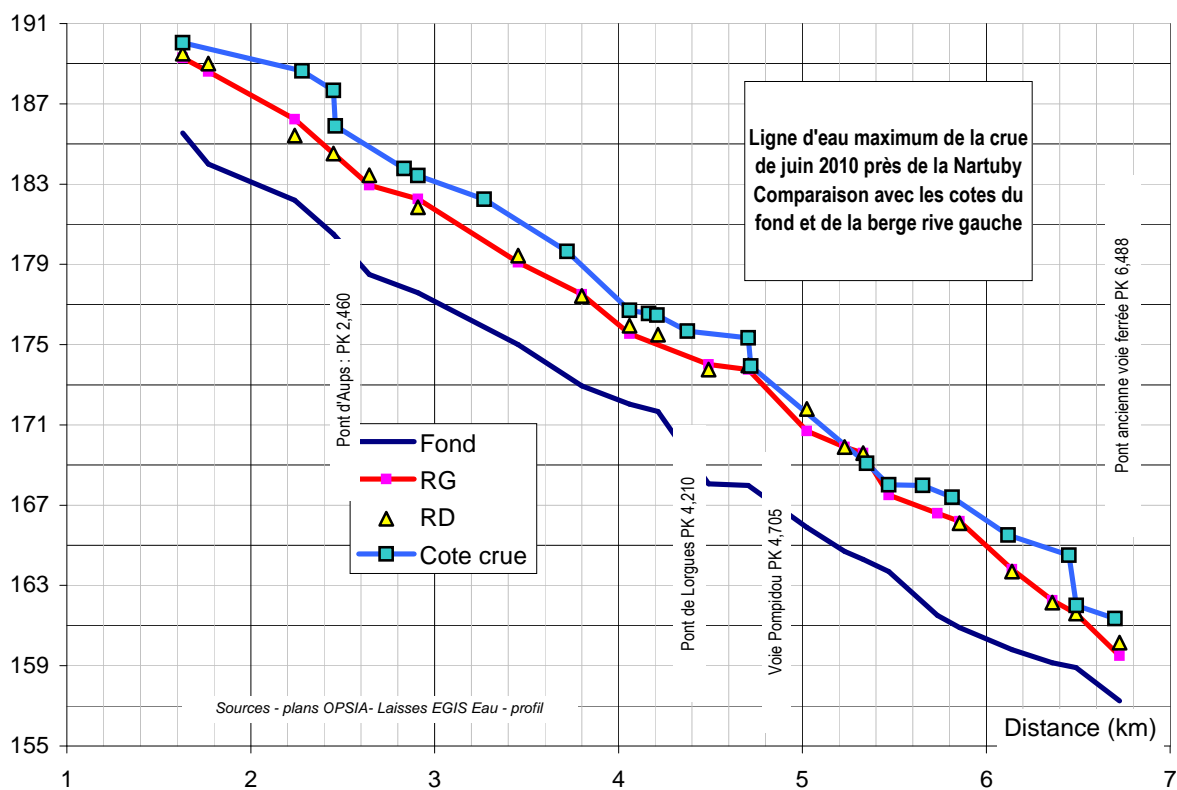


Figure 23 - Profil en long : cotes du terrain et niveaux de la crue à DRAGUIGNAN

Conçu pour un débit centennal de 210 m³/s, ce projet a créé un abaissement du lit de 1.35 m à

à son amont. La forte pente du fond constatée en 2000 sur le profil en long entre le pont de Lorgues et le pont de Saint Hermentaire est la conséquence de cet abaissement du fond ; une érosion régressive a pu se développer vers le pont de Lorgues, mais l'absence de levés récents ne nous a pas permis de l'apprécier.

La pente de la ligne d'eau de la crue de Juin 2010 en aval du pont de Saint Hermentaire a été de 7.7/1000, soit 1.5 fois la pente du fond de la rivière (profil en long ci dessus) : cette pente et la hauteur d'eau de 6 m en amont et 5 m en aval ont permis d'écouler la majeure partie du débit de la crue dans la Nartuby, en raison de l'étroitesse et de l'encombrement du lit majeur malgré l'excessif encombrement végétal. On ne trouve pas en effet dans la plaine en aval du pont de Saint Hermentaire les hauteurs d'eau que l'étroitesse du lit majeur aurait pu faire craindre.

Entre le pont de la voie Pompidou et le pont du boulevard Saint Exupéry, la capacité d'écoulement de la Nartuby est donc supérieure à celle observée en amont du pont de Lorgues. A partir de ce constat, les modèles numériques avaient alors conduit les bureaux d'étude à considérer que le lit majeur n'était plus inondable le long du boulevard du Salamandrier pour la crue de 245 m³/s considérée alors centennale. La crue de juin 2010, certes supérieure, permet de penser que le retour des eaux décrit au paragraphe précédent a déterminé en juin 2010 et déterminerait pour la crue centennale de 340 m³/s une submersion de ces terrains de rive gauche, même si le niveau dans la rivière reste inférieur.

2.2.3. Boulevard Saint Exupéry – pont de l'ancienne voie ferrée

Le champ d'inondation de la crue de juin 2010 s'élargit progressivement jusqu'à 500 m jusqu'en amont du pont de l'ancienne voie ferrée.

Deux faits principaux retiennent l'attention sur ce tronçon :

- La hauteur de la berge rive gauche décroît et la capacité d'écoulement dans le lit de la Nartuby décroît jusqu'à retrouver autour de l'ancienne voie ferrée une valeur de 100 m³/s environ : cette diminution de la profondeur d'eau et de la capacité est liée au fonctionnement de la plaine en aval de la voie et nous y reviendrons plus loin.



Photo 22 - Seuil et rétrécissement au pont de l'ancienne voie ferrée

- Le remblai de l'ancienne voie ferrée a constitué en juin 2010 un obstacle majeur à l'écoulement de la crue : la perte de charge près du bord gauche (côté ville) a dépassé 2 m : l'étude Sogreah de 1997 affichait déjà une telle dénivelée pour un débit bien inférieur. La section du pont a été rétrécie par deux caissons en béton qui ont limité la capacité de l'ouvrage.

Il est permis de s'étonner que l'on ait accepté un tel impact lors des études des plans de prévention des risques, alors qu'une simple ouverture du remblai aurait permis de le minimiser. Un éventuel projet de remise en service de cette infrastructure ne peut être invoqué pour différer l'ouverture partielle du remblai, car cette remise en service ne pourra être acceptée qu'après la réalisation d'ouvrages de décharge conformes à la réglementation actuelle. La restauration de la section originelle du pont pourra être également nécessaire, mais dépend de la capacité du lit qui sera recherchée.

2.2.4. Ancienne voie ferrée à prise d'eau de la Foux

En aval du remblai de l'ancienne voie ferrée, le cours de la Nartuby rejoint progressivement le bord gauche de la vallée. La capacité de la rivière déjà diminuée en amont de la voie ferrée, décroît encore et est inférieure à 70 m³/s.

Cette faible capacité a exposé de tout temps la plaine de Trans, aujourd'hui occupée par les activités industrielles et commerciales, à des débordements fréquents en regard des enjeux.

Le profil en long du lit représenté ci après montre bien la faible profondeur d'écoulement dans le tronçon de la rivière compris entre la voie ferrée et le confluent avec la Foux.



Photo 23 - Seuil de prise d'eau sur la Nartuby en aval du confluent avec la Foux

Le ruisseau de la Foux issu d'une source abondante et pérenne permet de garantir l'alimentation du canal d'irrigation par le moyen d'un seuil fixe élevé dans le lit de la Nartuby à l'aval du confluent. Le profil en long permet de visualiser l'incidence de cet ouvrage sur la morphologie du lit : les fonds sont alluvionnés en amont du seuil de plus de 1 mètre par l'effet du relèvement des niveaux

Le seuil sur la Nartuby au confluent de la Foux diminue donc la capacité de la rivière non seulement par la surélévation locale du niveau, mais plus encore par le relèvement des fonds qui se prolonge loin en amont jusqu'au pont de l'ancienne voie ferrée.

Aucune amélioration durable de la capacité de la rivière ne peut être espérée tant que la chute (ou remous) créée par ce seuil maintiendra en amont le relèvement des fonds.

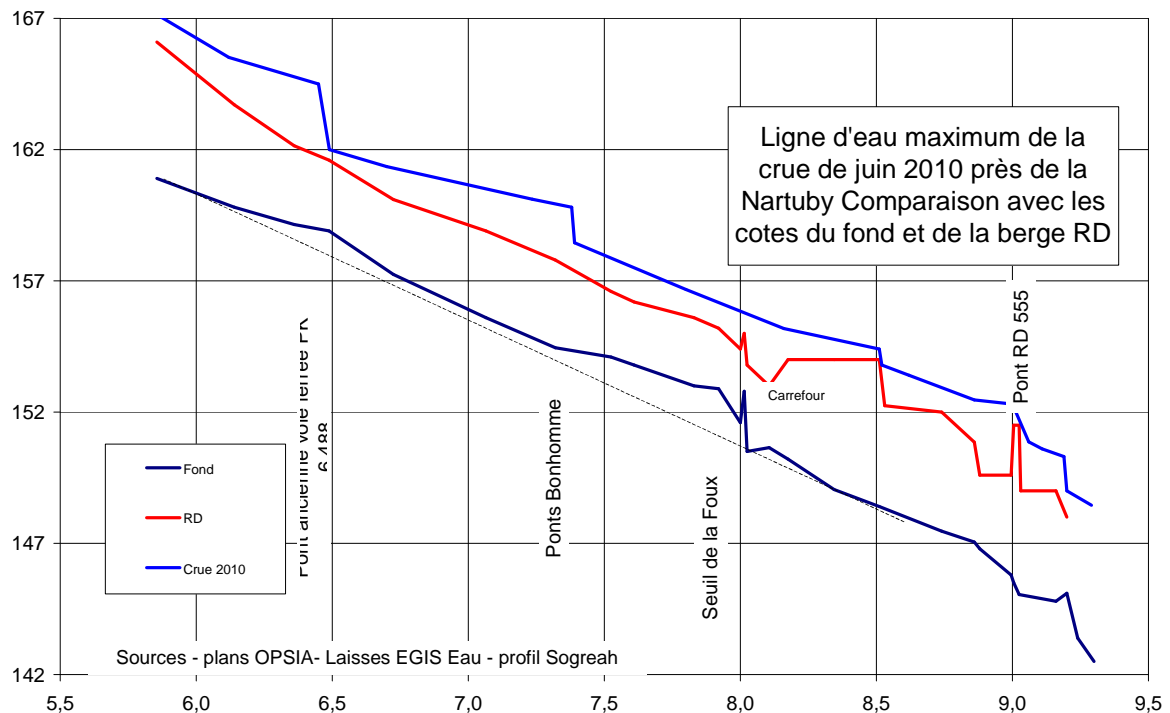


Figure 24 - Profil en long : cotes du terrain et niveaux de la crue à TRANS

2.2.5. De la prise d'eau de la Foux au centre de Trans

Le vieux centre de Trans est implanté autour des cascades qui abaissent le niveau de la rivière de 30 mètres sur une distance de 500 mètres. La morphologie de la vallée présente autour de ces cascades des caractères que nous retrouverons en plusieurs points de son cours, à la Motte et au Muy.

Le lit s'encaisse d'abord progressivement à partir de la RD 555 jusqu'au centre ville, tandis que les bords de plaine conservent la pente amont et devraient de ce fait être de moins en moins soumis à l'inondation lorsque l'on se rapproche du centre. Or en juin 2010 l'inondation s'est largement étendue sur ces terrains à des niveaux supérieurs à ceux atteints dans la Nartuby.

- En rive droite, les eaux se sont déversées sur la voie express, l'avenue de la Gare et l'ancienne voie ferrée, en encerclant en quelque sorte le centre ville.
- En rive gauche, le quartier du « Village Neuf » a été envahi ; les eaux ont emprunté préférentiellement la voirie, avenue des Cascades et boulevard Mistral ; une fraction du débit a rejoint la Nartuby à travers les clôtures, le reste a progressé jusqu'à l'avenue de Beaulieu et le chemin des Clauses et s'est déversé en contrebas des cascades.
- La plus grosse partie du débit a sur-versé sur la voie express, là où elle franchit la vallée en biais ; ce débit s'est ensuite écoulé sous les arches du pont des Ecoles en

empruntant les deux arches de cet ouvrage. On doit regretter qu'un propriétaire riverain ait fait réparer le mur de son jardin en aval du pont des Ecoles en rétablissant de la sorte un obstacle que la crue de juin avait fort heureusement effacé.

- Les eaux ont enfin buté contre le Pont Vieux, provoquant un surcroît de débit dans l'avenue de la Gare jusqu'à la place de l'Hôtel de Ville. Rappelons que ce même fait s'est produit en 1827, mais nous en ignorons le niveau, la plaque qui en conserve la mémoire a été déplacée et n'est pas une marque du niveau atteint. Il est probable qu'en 1827 tout le débit de cette crue s'est écoulé sous ou près du Pont Vieux, les causes qui ont favorisé les débordements périphériques en 2010 n'existant pas à cette époque.



**Photo 24 - Le Pont Vieux le 15-06-2010 à 23 heures :
déversement sur le parapet amont en rive droite.**

Pour approfondir les causes et notamment les facteurs aggravants de l'inondation, il faut remonter jusqu'au magasin Carrefour. L'examen du plan au 1/5000 indique que ce commerce est implanté sur un terrain remblayé sur 1 m à 1.5 m. Par ailleurs, deux ponts permettant l'accès aux parkings ont été signalés par les études antérieures à la crue comme faisant obstacle à l'écoulement : l'ouvrage amont en raison d'un tablier trop bas et l'ouvrage aval en raison de sa structure constituée de deux buses arches de section insuffisante qui favorisent les embâcles entre les deux buses.

On ne manquera pas d'objecter que la dimension de ces ouvrages n'est pas inférieure à celle des ouvrages amont, c'est à dire les ponts Bonhomme : mais ces ouvrages sont d'une part insuffisants et d'autre part ils sont établis sur un lit de faible capacité ; les ponts d'accès à Carrefour auraient dû, pour respecter l'esprit de la Loi sur l'Eau, être calibrés non seulement pour écouler le débit du lit mineur, mais aussi pour écouler les débits débordants auparavant dans l'emprise de la zone remblayée.

L'insuffisante capacité du lit de la Nartuby et la perte de charge occasionnée par le pont d'accès aval vont déterminer une sur-verse de la voie express en amont du giratoire. Nous pensons que l'inondation des bâtiments commerciaux, vers le centre Arcadia et surtout du « Village Neuf » est due principalement à la présence du remblai et des ponts d'accès de Carrefour.



Photo 25 – Accès Carrefour – 2 arches circulaires accumulant les embâcles

En aval du remblai de Carrefour, les eaux de la crue de juin 2010 vont rencontrer l'obstacle de la voie express construite également en remblai : un seul ouvrage biais, de faible largeur encore diminuée par l'ajout d'un passage piétons, assure l'écoulement des eaux. Sa capacité est réduite par la présence d'un ancien pont, appelé passerelle Décathlon, qui jouxte le pont de la voie express et limite le tirant d'eau. La crue a donc provoqué un déversement massif sur la voie, la dénivelée de part et d'autre du remblai étant de 1.60 m en moyenne. La capacité d'écoulement insuffisante est la cause de l'extension des déversements en rive droite, le long de la voie express et de l'ancienne voie ferrée.

Soulignons que le fonctionnement hydraulique de la voie express est incompatible avec les exigences de transparence imposées aux ouvrages récents, même lorsqu'ils se situent dans des zones de vulnérabilité bien moindre.

Remblai et ponts d'accès à Carrefour, remblai de la voie express dépourvu d'ouvrages de décharge, ces deux causes distinctes ont, chacune sur une rive gauche ou droite, provoqué l'extension des submersions sur des quartiers que la morphologie de la vallée aurait pu épargner. Nous estimons qu'après cette crue ces dysfonctionnements sont inacceptables et que leur suppression est de première urgence.

2.3. Les débits maxima et la propagation des crues

2.3.1. Rappel des débits maxima annuels

A l'issue de la concertation entre hydrologues dans le cadre du retour d'expérience « Rex Var », l'accord s'est fait sur la fourchette suivante du débit maximum instantané de la Nartuby en juin 2010 (cf. tome 1) :

Pont d'Aups	360-450 m ³ /s
Trans	400-500 m ³ /s

Notre calcul des débits maxima de la crue de juin 2010 a donné en ces mêmes points les résultats suivants :

Pont d'Aups	440 m ³ /s
Trans	480 m ³ /s

Notre analyse statistique des débits maxima instantanés annuels nous permet de proposer les valeurs suivantes (arrondies) des débits maxima annuels en fonction de leur période de retour à Pont d'Aups et Trans aux limites du tronçon étudié :

Période de retour (ans)	5	10	20	50	100
Pont d'Aups	55	80	125	220	315
Trans en Provence	60	90	140	240	350

La crue de juin 2010 aurait une période de retour un peu inférieure à 200 ans.

2.3.2. L'impact des aménagements sur la propagation des crues

La nature perméable du bassin conduit à une progression relative des débits maxima annuels très rapide en fonction de la période de retour. Les débits extrêmes spécifiques ne sont pas très élevés, mais le rapport entre ces débits et les crues ordinaires est excessif et c'est ce rapport qui, associé à l'extension urbaine, rend la Nartuby dangereuse.

L'étude du BCEOM de 2001 a proposé et le contrat de rivière a préconisé une protection limitée à la crue décennale. Cette proposition nous semble insuffisante pour un site très urbanisé tel que celui étudié dans ce chapitre. Or la justification qui en a été donnée est l'exigence de non aggravation des débits maxima dans la Nartuby en aval.

Cette argumentation surprend; elle signifierait que la loi considère qu'un aménagement dans des zones à très forts enjeux ne doit pas être entrepris s'il se traduit par la moindre aggravation même dans des zones où la vulnérabilité est très faible. En effet, à quelques rares exceptions, une augmentation modérée des débits n'a pas de conséquences dans la vallée de la Nartuby en aval. Seule la ville du Muy peut subir un effet de l'accroissement du débit, mais ce sera principalement du fait de l'Argens. Des mesures de « compensation » ajoutées aux améliorations propres à la protection de cette ville permettront de supprimer tout impact.

On objectera que l'effet sur la crue de l'Argens en aval doit aussi être considéré. Constatant au préalable que cet impact n'a jamais été étudié, nous pensons que cette analyse devra être faite en même temps qu'elle le sera sur l'ensemble du bassin. Mais il n'est pas du tout certain que l'accélération de la crue de la Nartuby provoquée par une mise hors d'eau à Draguignan et Trans accroisse les débits de l'Argens à la confluence. En effet la Nartuby est un affluent d'aval dans le bassin de l'Argens et, lors des crues générales, elle arrive en avance sur le

corps de la crue. L'accélération de la crue de la Nartuby pourrait donc plutôt diminuer le débit maximum des crues dans la basse vallée de l'Argens.

En conclusion, nous ne pensons pas que l'impact des aménagements sur les débits en aval soit un critère pertinent pour le choix du mode et du niveau de protection de la zone urbanisée de Draguignan et Trans.

2.4. Analyse des actions

2.4.1. Le préalable de l'entretien du lit et des berges

La section d'écoulement d'un cours d'eau est le résultat d'un équilibre entre les phases d'érosion et les phases de dépôt des sédiments transportés. Sur la Nartuby, les sédiments fins, sables et limons, déterminent l'équilibre des berges, les graviers et galets déterminent l'équilibre du fond. La végétation intervient dans le processus, principalement en favorisant le dépôt sur berges, mais en colonisant les bancs de gravier, lorsque les crues sont trop rares pour détruire les pousses au premier stade de leur développement.

Au total, la végétation est un facteur de sédimentation et de diminution de la capacité, au même titre que les déchets minéraux ou végétaux des usagers... ou les travaux de protection des berges restrictifs de la largeur.

La capacité insuffisante à Draguignan et Trans en regard des enjeux va conduire à prévoir un élargissement du lit qui réduira les vitesses des crues ordinaires : ce ralentissement augmentera les dépôts, ce qui tendra à rétrécir le lit jusqu'à retrouver sa largeur actuelle. La diminution des dépôts sur berge peut être obtenue par un éclaircissement de la végétation. Un entretien de la végétation plus régulier devrait donc permettre de freiner la sédimentation des berges, mais aussi d'obtenir une majoration de la capacité de 20 à 30%.

Nous pensons donc que l'entretien de la végétation doit, dans le cadre urbain traité ici, être plus fréquent et sévère que celui effectué dans un environnement rural. Il comporterait le débroussaillage, l'enlèvement des arbres instables et de ceux présents sur les bancs de gravier, l'éclaircissement des arbustes pour ne conserver que les sujets les plus intéressants. La densité du boisement sera celle assurant un ombrage limitant le développement des broussailles. L'objectif sera d'atteindre un coefficient de rugosité de Strickler supérieur à 24, ce qui exclut toute végétation sur les bancs souvent ensoleillés et implique donc un entretien fréquent mais assez léger.



Photo 26 - 30 juin 2010 : embâcle barrant le lit de la Nartuby entre le pont des Incapis et le pont de l'ancienne voie ferrée

Une telle exigence d'entretien implique que sa réalisation soit facilitée en ce qui concerne l'accès aux berges et l'évacuation des déchets végétaux. Une servitude de « marchepied », telle que celle prévue le long des cours d'eau domaniaux, devra être prévue ; elle permettra le passage des véhicules sur une rive au moins et un passage piétonnier sur l'autre, en plus des acquisitions que l'élargissement du lit pourra nécessiter.

2.4.2. L'accroissement de la capacité du lit

Si l'accroissement de la capacité du lit de la Nartuby n'est pas la seule action à prévoir pour assurer la protection des zones urbanisées de Draguignan et Trans, elle en est un élément essentiel. Pour donner aux décideurs les éléments d'un choix, nous avons analysé les composantes de deux hypothèses d'accroissement de la capacité :

- L'hypothèse basse considère un lit capable d'écouler une crue de 175 m³/s correspondant selon notre approche des débits à une crue de période de retour 30 ans.
- L'hypothèse haute cherche quand c'est possible à contenir la crue centennale, estimée à 350 m³/s à Trans, dans le lit de la Nartuby.

Les résultats de notre analyse sont présentés à la fin du chapitre pour chaque hypothèse sous la forme d'un tableau donnant les spécifications techniques de la solution et illustré par le profil en long définissant de manière schématique les fonds et les lignes d'eau obtenues dans chaque hypothèse.

Ces résultats ne constituent pas les éléments d'un avant projet, mais seulement un guide pour la définition précise de cet avant projet. En particulier, les fonds devront être adaptés au fonctionnement hydraulique à tous débits, alors que nous n'avons considéré que le seul fonctionnement au débit de projet. En outre, le fonctionnement hydraulique au delà du débit de projet devra faire l'objet d'un calcul incluant le champ d'inondation et les aménagements qui y seront réalisés.

Les résultats que nous donnons permettront cependant de déterminer les volumes de terrassement lorsque les sections actuelles du lit auront été levées.

Les deux hypothèses se différencient d'abord par la section-type adoptée tout au long du schéma :

- 12 m de largeur pour l'hypothèse basse,
- 15 m de largeur pour l'hypothèse haute.

Le fruit des talus de berges sera dans les deux cas de 2/1 et non protégé en section courante. Les talus pourront être raidis dans les zones où l'emprise est incompatible avec l'occupation de l'espace, mais cela nécessitera alors un revêtement de berge assurant leur stabilité et compensant la perte de section par une diminution de la rugosité.

C'est le traitement des ponts qui constitue la différence principale entre les deux hypothèses de travail ; le doublement de la capacité pour l'hypothèse haute impose de fortes vitesses dans les ouvrages, autour de 6 m/s, ce qui a deux conséquences :

- Le risque d'affouillement est considérablement accru, ce qui peut provoquer des déchaussements des appuis pour les ouvrages dépourvus de radier : la mise en place de radier para fouille est donc un élément incontournable de cette solution.
- La forte vitesse implique de fortes pertes de charge et donc une dénivelée de part et d'autre de chaque ouvrage. Il en résulte que la ligne d'eau au débit centennal est discontinue au droit des ouvrages existants, ce qui diminue la pente en section courante.

Dans l'hypothèse basse, les vitesses sous les ouvrages au débit de projet seront beaucoup moins fortes, mais en raison du creusement du lit et au delà du débit de projet, le régime des vitesses sous les ponts devra faire l'objet d'un contrôle. Au stade actuel des études, nous n'avons pas envisagé de protection des appuis.

Dans les deux hypothèses, un calcul global sur modèle numérique sera effectué et pour chaque ouvrage sera produite une note justificative du choix de la solution.

2.4.3. La restauration du profil en long (secteur des Incapis)

Nous avons signalé l'incidence du seuil de la Foux sur la capacité du lit. La présence de cet ouvrage compromet tout accroissement durable de la capacité en amont et par là fait de la partie basse de la zone des Incapis et du secteur du chemin du Plan les zones les plus exposées à l'inondation.

Le caractère permanent du débit du ruisseau de la Foux nous conduit à proposer de reporter l'alimentation du canal d'irrigation sur ce ruisseau puis de franchir ensuite la Nartuby par un siphon. Cette solution semble préférable à la création d'un vannage sur la Nartuby, celui-ci étant onéreux et posant un problème de gestion en ce qui concerne la transparence en crue et les chasses.

Entre le seuil effacé et l'ancienne voie ferrée, cette action permet un accroissement important de la capacité du lit, car elle permet un fort abaissement des fonds. Le débit de 175 m³/s y sera écoulé sans relèvement excessif de la berge; en revanche, dans l'hypothèse haute, nous n'avons pu obtenir une capacité de 340 m³/s, mais seulement 240 m³/s, ce qui correspond à une période de retour de l'ordre de 50 ans.



Photo 27 - Nouveau pont Bonhomme à Trans : l'abaissement des fonds consécutif à l'effacement du seuil de la Foux augmentera le tirant d'eau et la capacité d'écoulement, moyennant un contrôle de la stabilité des fondations.

2.4.4. Digue déversante à l'amont du pont de Lorgues

Cette digue sera implantée en retrait de la berge au Petit Plan. Pour assurer aux plus fortes crues un déversement sans rupture, elle sera revêtue en crête sur le talus côté terre.

Dans l'hypothèse haute, sa crête est calée au niveau de la crue centennale, soit sans revanche, de façon à limiter la chute lord d'une sur-verse en crue exceptionnelle.

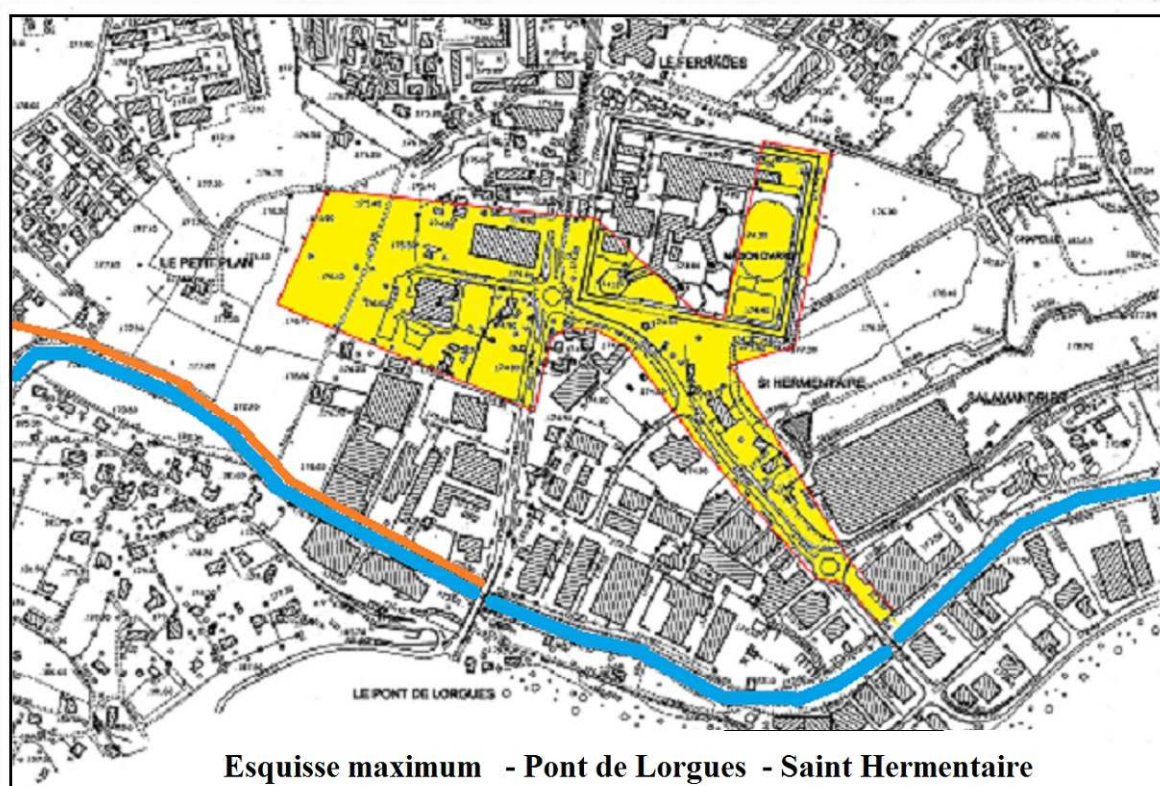
Dans l'hypothèse basse, elle est limitée à l'amont immédiat du pont de Lorgues. Toutefois, un autre calage est possible dans la limite de celui proposé en hypothèse haute et après vérification du fonctionnement au pont de Lorgues : la capacité obtenue pourrait atteindre alors 250 m³/s avant déversement au Petit Plan.

Cette action de 1^{ère} urgence reste subordonnée aux résultats de l'étude du projet de recalibrage sur Draguignan et Trans.

2.4.5. Abaissement des niveaux dans la plaine entre le Petit Plan et Saint Hermentaire

Nous avons dit qu'un abaissement notable des niveaux pouvait être obtenu dans la zone urbanisée en limitant les obstructions créées par les bâtiments. Nous avons bien conscience que cette politique se heurtera à beaucoup d'obstacles ; aussi nous indiquerons seulement les choix les plus efficaces.

- Le plan ci dessous situe (en couleur) les espaces sur lesquels il faudrait diminuer la présence des bâtiments pour assurer un retour des eaux en aval au plus bas niveau possible.



**Figure 25 - Espaces d'écoulement privilégiés à préserver et améliorer
En rouge : tracé de la digue déversante en amont du pont de Lorgues.**

- Les terrains de la maison d'arrêt situés dans le périmètre sont intéressants pour limiter les hauteurs d'eau autour de l'avenue de Lorgues et du quartier de Maljournal.
- L'action la plus efficace resterait l'abaissement du parking entre le giratoire Saint Exupéry et la Nartuby, le long et en aval de la voie Pompidou : un recul des bâtiments agrandissant le parking pourra être nécessaire, après test de la solution sur modèle numérique.
- Ces dispositions évoquées pour les débordements de la Nartuby concernent également les ruissellements urbains que le réseau pluvial n'aura pu écouler.

Nota- Nous avons constaté le 29 mars 2011 que le parking longeant la voie Pompidou entre le carrefour St Exupéry et la Nartuby avait été reconstitué à l'identique le long de la voie Pompidou en amont et au droit du parking, ce qui maintient la cause d'aggravation des inondations,

2.4.6. Confortement de la berge rive droite au chemin de l'Ubac

L'étroit chemin de l'Ubac est tracé en rive droite de la Nartuby sur le versant ouest de la vallée. Les ruissellements de coteau exceptionnels lors de la crue de juin 2010 ont érodé le haut de berge. Un mur de soutènement serait difficile à fonder dans la berge instable.

Une protection en gabions existe à côté de la zone la plus érodée. La prolongation de cette protection sur une dizaine de mètres en amont permettra de diminuer la pente du talus et de la stabiliser ensuite par une couverture végétale.

2.4.7. Reconstruction du pont des Incapis

Le pont voûté des Incapis a été gravement endommagé par la crue de juin 2010 et n'est pas réparable. Par ailleurs ses dimensions, déjà insuffisantes dans l'état actuel, sont incompatibles avec le recalibrage du lit qui doit être particulièrement important autour du pont.

La Ville envisage de reconstruire un ouvrage provisoire submersible d'une portée de 11 m avec un tablier de 0.50 m d'épaisseur, soit d'après la coupe qui nous a été remise entre les cotes 160.60 et 161.20 NGF.

Ces dimensions ne nous paraissent pas acceptables : en effet nous considérons que le risque d'embâcle avec un ouvrage submersible est tellement élevé qu'il convient de ne pas prendre en compte la section inférieure pour l'écoulement des fortes crues : on constate alors que la différence de hauteur entre la chaussée du pont submersible et la plaine rive droite n'est plus que de 1.20 m d'après le plan OPSIA au 1/5000. En cas d'embâcle, l'aggravation du risque de submersion de la rive gauche est avéré, alors même que la capacité avant la crue de 2010 était dans cette zone reconnue comme l'une des plus faibles.

Cette difficulté nous a conduit à proposer de réaliser un ouvrage définitif qui figure dans le tableau en fin de chapitre (portée : 25 m pour une capacité de 350 m³/s) ; nous pensons que cette solution est la meilleure.

Si la Ville estime qu'il n'est pas possible de réaliser rapidement un ouvrage définitif, l'ouvrage submersible devra être calé beaucoup plus bas, la cote de chaussée étant inférieure à 160.NGF. Cet abaissement n'est envisageable que si le seuil qui barre le lit en aval du pont dégradé est effacé.

On objectera que cet ouvrage a été conçu pour une traversée de réseaux ; cette objection n'est pas recevable, ce seuil étant incompatible avec tout aménagement futur ; la modification du passage sous fluvial est inéluctable et le plus tôt sera le mieux.

Nous aurons alors les spécifications suivantes :

- Largeur tablier : 11 m
- Epaisseur max : 0.30 m
- Cote supérieure < 160.0 NGF
- Cote radier (si dalots) : 158.50 NGF
- Nombre d'appuis : fonction des charges
- Fruit des talus : 2/1
- Largeur entre talus à la cote 162.0 : 19 m

2.4.8. Ouverture de brèches dans le remblai de l'ancienne voie ferrée

Cette action a pour objet l'abaissement de plus de 1 m du niveau des crues débordantes à l'amont de l'ancienne voie ferrée autour du boulevard Mermoz. Elle ne se substitue pas à l'accroissement de capacité du lit mineur que nous avons évoqué et qui était déjà proposé dans le contrat de rivière 2007-2010. Deux brèches de 25 m chacune seront arasées au niveau du terrain naturel en aval. La remise en service de la voie impliquerait la création d'ouvrages de décharge, mais ceux ci pourraient être de dimensions moindres grâce à l'adoption de sur-profondeurs.

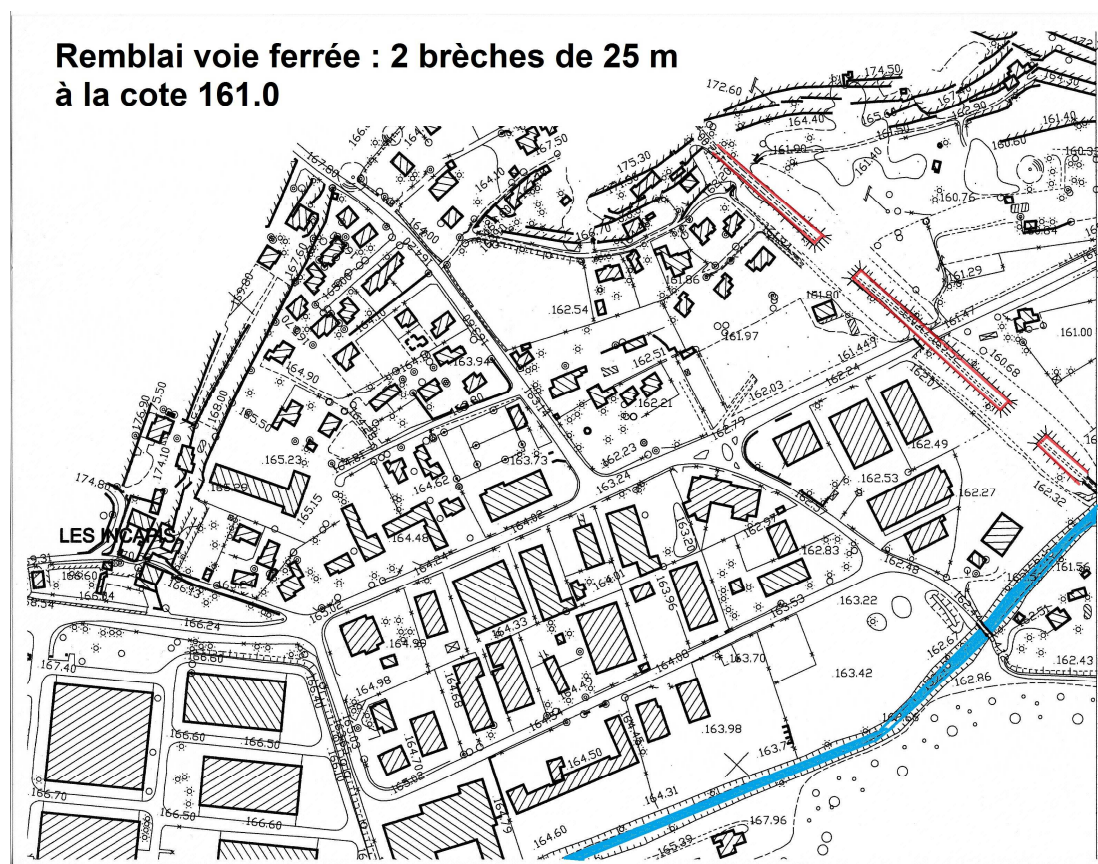


Figure 26 – ouverture du remblai de l'ancienne voie ferrée

L'augmentation de section du pont de l'ancienne voie ferrée sur la Nartuby devra être envisagée s'il s'avère lors des études d'avant projet que la ligne d'eau objective que nous avons définie ne peut être atteinte. Elle pourra comporter le recul des plots bétonnés rétrécissant la

rétrécissant la section et le recalage d'un radier.

2.4.9. Abaissement des niveaux dans la zone industrielle de Trans

Le premier objectif de cet aménagement est d'empêcher l'extension en aval de la voie express en rive gauche des débordements provoqués par le remblaiement des terrains de Carrefour et par la perte de charge aux ponts qui permettent d'y accéder.

Le deuxième objectif est la diminution des hauteurs d'eau dans la partie non remblayée de la zone industrielle autour du chemin du Plan.

L'élargissement du lit et le remplacement des ponts existants par des ouvrages « transparents » sont les seuls moyens qui permettent d'atténuer le dysfonctionnement observé en juin 2010, dysfonctionnement qui peut survenir à nouveau pour des crues de moindre importance.

L'élargissement du chenal de la Nartuby devrait permettre d'écouler un débit de 300 m³/s avec un chenal de 15 m, le reste du débit centennal continuant à s'écouler dans la partie basse de la zone d'activité du Plan. L'emprise de l'élargissement se ferait sur les parkings de Carrefour. Pour diminuer cette emprise, un raidissement de la pente des talus de berge pourrait être envisagé à charge du ou des riverains de réaliser un perré maçonné peu rugueux dans les règles de l'art.

Le calcul hydraulique est basé sur les dimensions suivantes :

- Pente : 4/1000
- Largeur en base : 15 m
- Hauteur d'eau : 4.60 m
- Fruit moyen : 3/2

Ce projet permettrait la mise hors d'eau pour la crue centennale des terrains situés en rive gauche en aval de la voie express et jusqu'au « Village Neuf ». Il reste à déterminer s'ils le seraient également avec le débit de la crue de juin 2010, ce que devra dire l'étude de révision du PPRI.

Moyennant un entretien régulier, le fruit du talus de berge pourra être ramené à 1/1, à la condition qu'il soit protégé par un perré maçonné, constitué d'enrochements de petites dimensions pour diminuer la rugosité.

Les ponts à reconstruire devront respecter le gabarit ci dessus et leur tablier offrir une revanche de 0.60 m au dessus de la ligne d'eau (cf. tableau hypothèse maximum). Cette contrainte et le tracé biais du pont amont conduira probablement à renoncer à sa reconstruction ; mais la démolition de l'ouvrage existant est à classer en 1^{ère} urgence.

2.4.10. Transparence de la voie express

La première action est l'obtention de la meilleure capacité d'écoulement sous le pont de la voie express ; pour cela, nous proposons la suppression de la passerelle Décathlon, car elle est à la fois trop basse et trop étroite.



Photo 28 - Voie express à Trans : la passerelle Décathlon et le passage piétons

En deuxième lieu, la suppression du passage piétons sous l'ouvrage et éventuellement son remplacement par un dalot en rive gauche permettra de maximiser la capacité, à une valeur de l'ordre de 300 m³/s. A ce débit, le régime d'écoulement est critique, c'est à dire non influencé par le niveau aval et la capacité d'écoulement est la plus grande possible : la vitesse atteint 6 m/s. Si le fond est constitué de matériaux affouillables, il faudra réaliser un radier en béton ménageant la section la plus profonde possible compatible avec la stabilité des culées. Si le fond est rocheux, ce qui est possible, des affleurements apparaissant en amont de l'ouvrage, le radier sera inutile. On pourrait penser qu'alors un déroctage permettrait d'accroître la capacité jusqu'au débit centennal. L'efficacité d'un tel surcreusement sera mauvaise, car il sera déjà difficile d'entonner un débit de 300 m³/s à l'entrée de l'ouvrage : cet entonnement nécessitera dans tous les cas une amélioration des formes d'entrée.

Le débit débordant en amont de la voie express devra être écoulé par un ouvrage de décharge, utilisable en passage piétons, voire en passage routier et débouchant dans le lit majeur rive gauche. Cet ouvrage de décharge débouchera sur le parking utilisé par Décathlon ; le radier de cet ouvrage serait calé à la cote 148.0 avec deux travées de 4 mètres chacune.

L'amélioration de l'ouvrage principal est classée en 1^{ère} urgence. L'ajout d'un ouvrage de décharge peut être classé en 2^{ème} urgence.

2.4.11. Amélioration de la capacité du pont des Ecoles

Pour éviter un remous en amont du pont des Ecoles, on veillera à ouvrir la travée rive gauche et ses abords de façon à minimiser la perte de charge occasionnée par l'ouvrage. Si un accord avec le propriétaire riverain ne permet pas d'effacer l'obstacle que constitue le muret aval reconstruit après la crue, l'expropriation du terrain sera indispensable pour optimiser le fonctionnement de l'ouvrage lors des crues débordantes.

- Travée secondaire rive droite : elle sera agrandie à sa dimension première et son évacuation sera facilitée en rétrécissant et ouvrant contre la face aval du pont le chenal existant qui serait aussi utilisé comme escalier d'accès au chemin sur berge. Ces dispositions nous semblent en plus de l'amélioration hydraulique mettre en valeur le Pont Vieux.

La connaissance des données géotechniques est essentielle pour la définition de la géométrie des déroctages ; ces données ne pourront être précisées que dans le cadre de l'avant projet.

Nous avons observé que le mur de soutènement en rive gauche aval du pont a été réparé à l'identique sans créer de gêne à l'écoulement des eaux.

Il semblerait toutefois qu'un deuxième mur soit envisagé en avant du mur reconstruit : ce mur s'avancerait beaucoup plus dans le lit formé par la crue de juin 2010 et se raccorderait en aval à un bâtiment surmonté d'une terrasse.

Nous redisons que ce projet laisse subsister dans le lit de la Nartuby un bâtiment qui fait obstacle à l'écoulement des crues et favorise l'attaque de la rive opposée par des courants violents. Il serait regrettable que subsiste un tel dysfonctionnement hydraulique. L'acquisition de ce bâtiment, sa destruction et le tracé du deuxième mur en retrait dans l'alignement du bâtiment principal sont les seules solutions raisonnables.

2.4.13. Passerelle Pisani

Cette passerelle, située en aval du pont de la route de la Motte, supporte la conduite de transfert des eaux usées des communes de Draguignan et de Trans ; elle a été endommagée par affouillement et emportée lors de la crue de juin 2010.

La Ville de Draguignan nous a transmis un avant projet préparé par Véolia et une étude hydraulique réalisée par la Sogreah à la demande du SIVU, en vue de la reconstruction de l'ouvrage. L'avant projet prévoit le recul de la culée rive gauche supportant la passerelle et contenant le puits de descente raccordant le passage supérieur à la conduite enterrée. L'étude Sogreah analyse les contraintes s'exerçant sur la culée lors d'une crue centennale et définit une protection en enrochements; le débit centennal considéré est celui déterminé pour l'étude du PPR, soit 245 m³/s.

L'estimation de ce débit centennal effectuée au tome 1 est de 350 m³/s. Cette valeur reste inférieure au débit maximum (400 à 500 m³/s) de la crue de juin 2010. Pour cette crue, les relevés des laisses à proximité indiquent une hauteur d'eau d'environ 3 m au dessus de l'étiage. Cette hauteur modérée s'explique par l'importance du débit écoulé en rive gauche, ce débit étant probablement sous estimé dans l'étude du PPRI, en raison d'un coefficient de rugosité trop faible.

La protection de la culée définie par Sogreah est constituée d'un perré en quart de cône classique fondé sur une banquette parafouille. Considérant les débits élevés écoulés dans le lit majeur rive gauche, nous craignons que cette protection soit sollicitée par l'arrière, ce qui pourrait amener la mise à nu du tube en retrait de la culée. Il serait préférable à notre avis de considérer une protection par banquette analogue à celle constituée autour des piles de pont en rivière, cette banquette pouvant être submergée sans dommage.

L'esquisse ci dessous montre ce que pourrait être une telle protection : la banquette en enrochements libres aurait une épaisseur de 2 m entre les cotes 111 et 113 et une surface rectangulaire de 100 m² : le poids des blocs serait de 100 à 1000 kg, avec un poids médian supérieur à 300 kg.

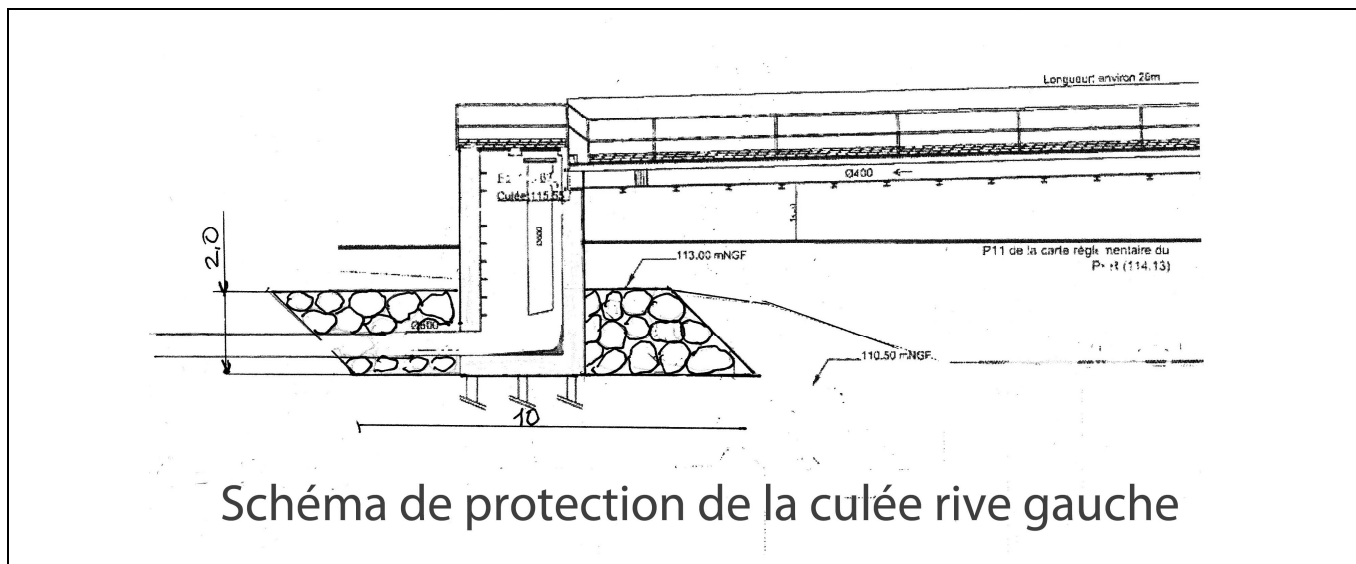


Figure 28 – Passerelle PISANI : protection de la culée rive gauche

L'avant projet Veolia a chiffré à 524 K€ le montant des travaux, les enrochements de protection de la culée n'apparaissant pas dans cette estimation; nous estimons cette protection avec notre variante à 16 K€.

En revanche, ce prix comprend deux renforcements ponctuels du chemin en rive droite amont de la passerelle sur 6 et 8 m, dont le coût (64 K€) peut paraître démesuré en regard de l'enjeu.

Nous ne l'avons donc pas inclus dans notre estimation.

Communes de Draguignan et Trans - Hypothèse d'aménagement haute

NOM	x	Niveau objectif	Hauteur moyenne	Fond Projeté	Pente moyenne	Débit capable	Portée	Ss poutre	Observations
Pont de Lorgues	3,800	178,00	5,00	173,00					
	4,220	176,04	4,94	171,10		325	18	177,20	Protection par radier
	4,220	174,89	3,22	171,67					
Pont Saint Hermentaire	4,220	175,04	4,94	170,10	4,33	330			
	4,705	173,05	5,05	168,00		335	15	172,71	Protection par radier
Pont STEP Pompiers	4,705	172,05	5,05	167,00	4,38	335			
	5,355	169,15	5,00	164,15		335	16,4	168,68	Protection par radier
Pont reconstruit	5,365	168,15	5,00	163,15	4,47	335			
	6,360	163,70	5,00	158,70		335	25	164,20	Pont à reconstruire
Pont voie ferrée	6,360	163,60	5,00	158,60	3,98	340			
	6,488	162,80	4,70	158,09		300	18,3	164,30	Données à préciser : siphon ?
Pont Rond Point	6,488	162,00	4,06	157,09	4,00	240			
	6,940	159,48	4,06	155,28		240	15	159,85	RAS
Pont Bonhomme vieux	6,940	159,48	-	155,28	4,00	240			
	7,300	158,04	4,06	153,84		240	13	157,80	Pont à supprimer
Pont Bonhomme	7,300	158,04	4,06	153,84	4,00	240			
	7,375	157,74	4,06	153,54		240	15	157,05	Tablier à surélever
Accès Carrefour amont	7,375	157,40	4,06	153,20	4,00	240			
	8,175	154,60	4,60	150,00		300	15	154,36	Pont à supprimer ou reconstruire
Accès Carrefour aval	8,175	154,40	4,60	149,80	4,00	300			
	8,515	153,04	4,60	148,44		300	15	152,73	Pont à reconstruire
Pont 2x2 voies Trans	8,515	152,84	4,60	148,24	4,00	300			
	9,010	150,55	4,29	146,26		300	14,7	149,48	Ouvrage à construire 50 m3/s
Pont parking Décathlon	9,050	150,00	4,74	145,26	5,74	350	11	148,09	Pont à supprimer
Pont des Ecoles	9,165	149,60	5,00	144,60		350	(28)	150,30	Dégagement arche rive gauche
	9,165	148,60	5,30	143,30	9,63	350			
Pont Vieux	9,300	147,00	5,00	142,00		350	20	148,45	Déroctage fond

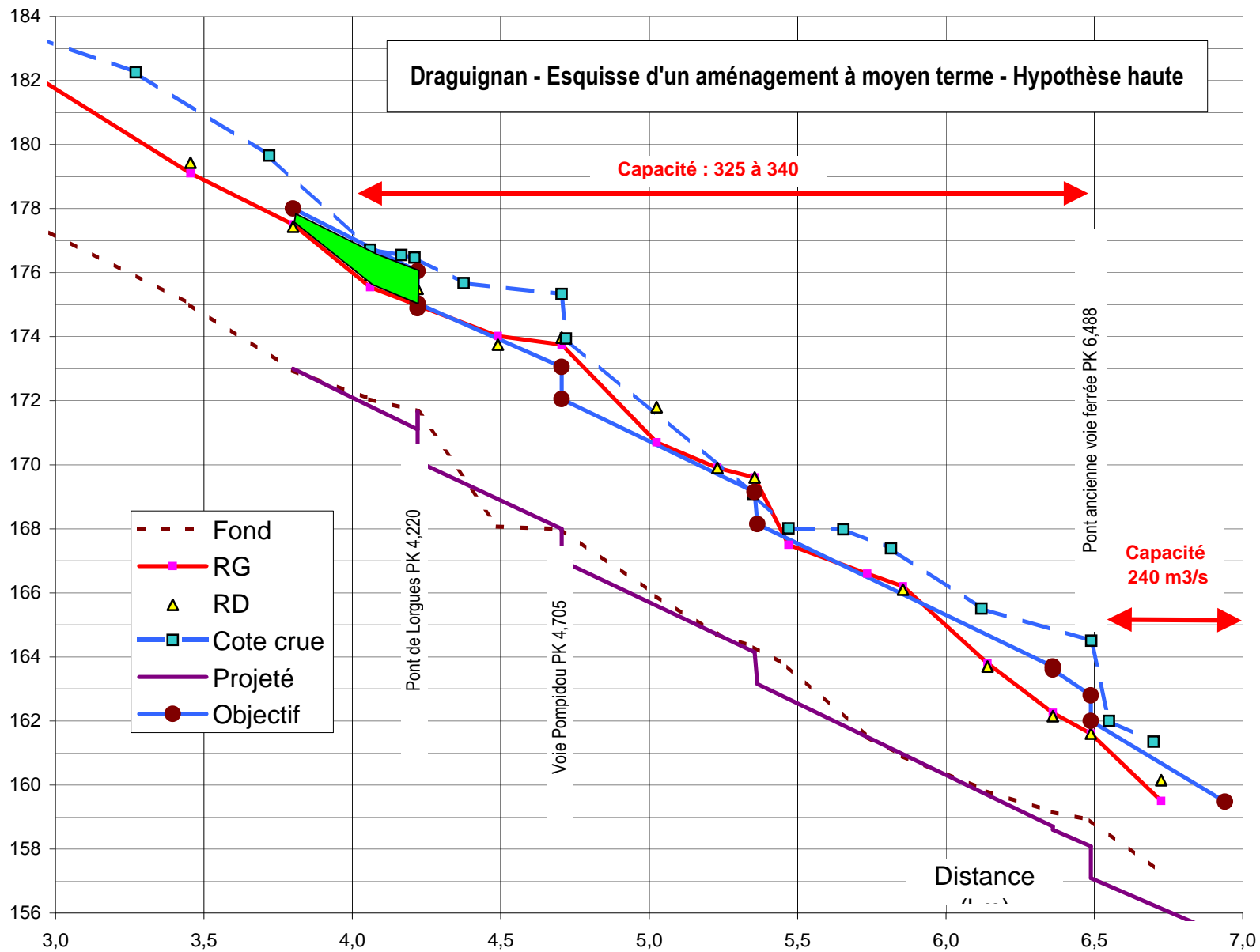


Figure 29

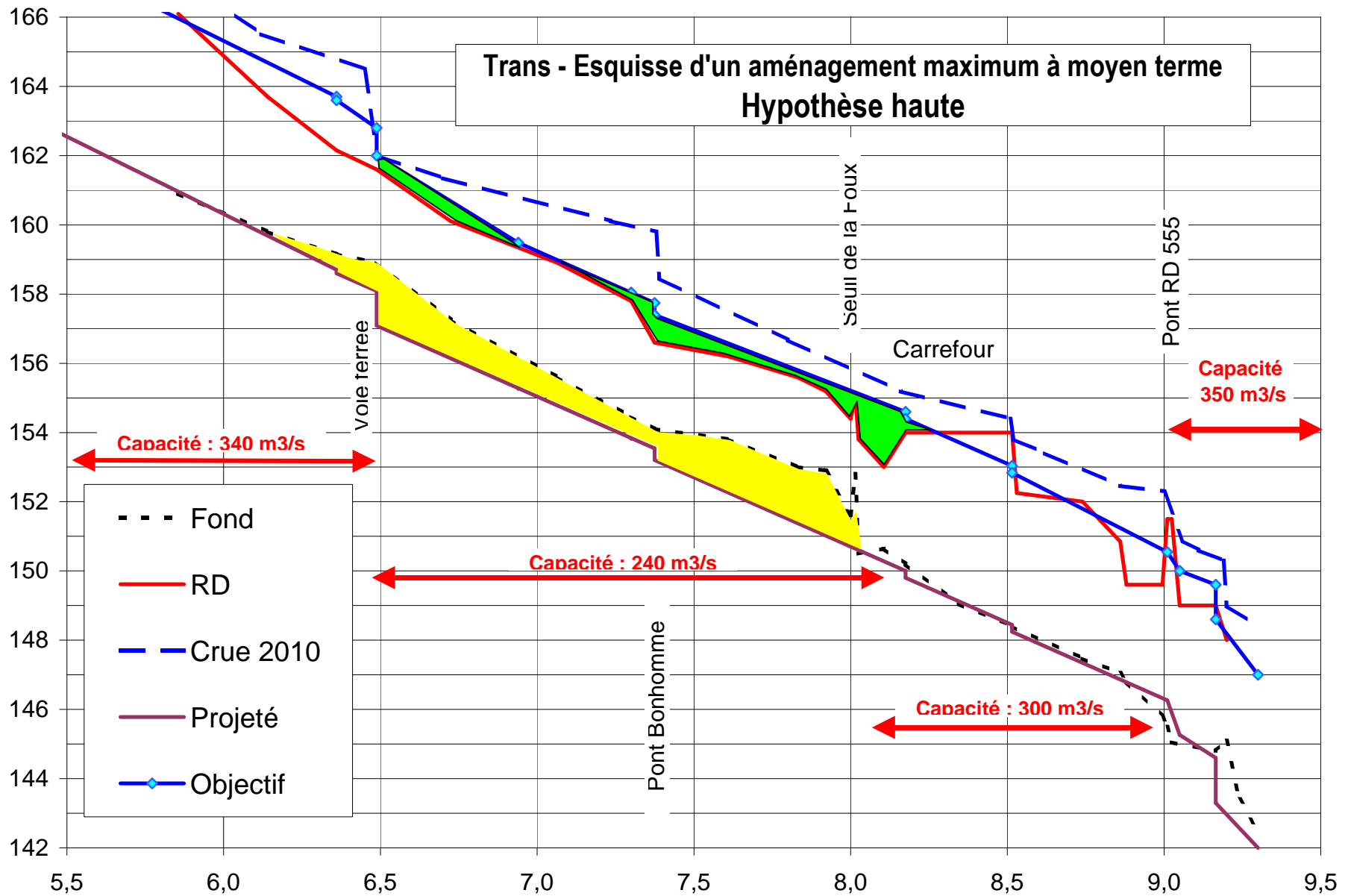


Figure 30

Communes de Draguignan et Trans - Hypothèse d'aménagement basse

NOM	x	Débit capable	Niveau projet	Hauteur eau	Fond moyen projeté	Pente	Portée	Fond actuel	Ss poutre	Observations
Pont de Lorgues	3,800		176,70	3,7	173,00			173,00		
	4,220	175	174,90	3,7	171,20	4,29				
Pont Saint Hermentaire	4,220	175	174,40		171,67		18	171,67	177,20	
	4,220	175	174,20	3,7	170,50	4,99				
Pont STEP Pompiers	4,705	175	171,78		168,08		15	168,00	172,71	
	4,705	175	171,48	3,7	167,78	5,00				
Pont reconstruit	5,355	175	168,23		164,53		16,4	164,30	168,68	
	5,365	175	167,93	3,7	164,23	5,03				
Pont voie ferrée	6,360	175	162,93		159,23		25	159,25		Reconstruit
	6,360	175	162,63	3,7	158,93	5,00				
Pont Rond Point	6,488	175	161,99		158,29		18,3	158,00	164,30	A préciser
	6,488	175	161,30	3,7	157,60	4,49				
Ancien pont Bonhomme	6,940	175	159,27		155,57		15	156,20	159,85	
	6,940	175	159,27	3,7	155,57	4,50				
Nouveau pont Bonhomme	7,300	175	157,65		153,95		12	154,60	157,80	Démoli
	7,300	175	157,65	3,7	153,95	4,67				
Accès Carrefour amont	7,375	175	157,30		153,60		15	153,80	157,05	Relèvement tablier
	7,375	175	157,30	3,7	153,60	4,50				
Accès Carrefour aval	8,175	260	154,80	4,8	150,00		15	150,20	154,36	Remplacé
	8,175	260	154,60	4,8	149,80	4,00				
Pont 2x2 voies Trans	8,515	260	153,24	4,8	148,44		15	148,40	152,73	Remplacé
	8,515	260	153,04	4,8	148,24	4,00				
Pont parking Decathlon	9,010	300	150,55	4,3	146,26		14,67	146,30	149,48	Suppression passage piétons
Pont des Ecoles	9,050	350	150,00	4,7	145,26	5,74	11,2	145,72	148,09	Démoli
Pont Vieux	9,165	350	149,60	5,0	144,60				144,60	Ouverture arche 2
	9,165	350	148,60	5,3	143,30	15,56	20			
	9,300	350	147,00	5,0	141,20			141,70	148,45	Déroctage

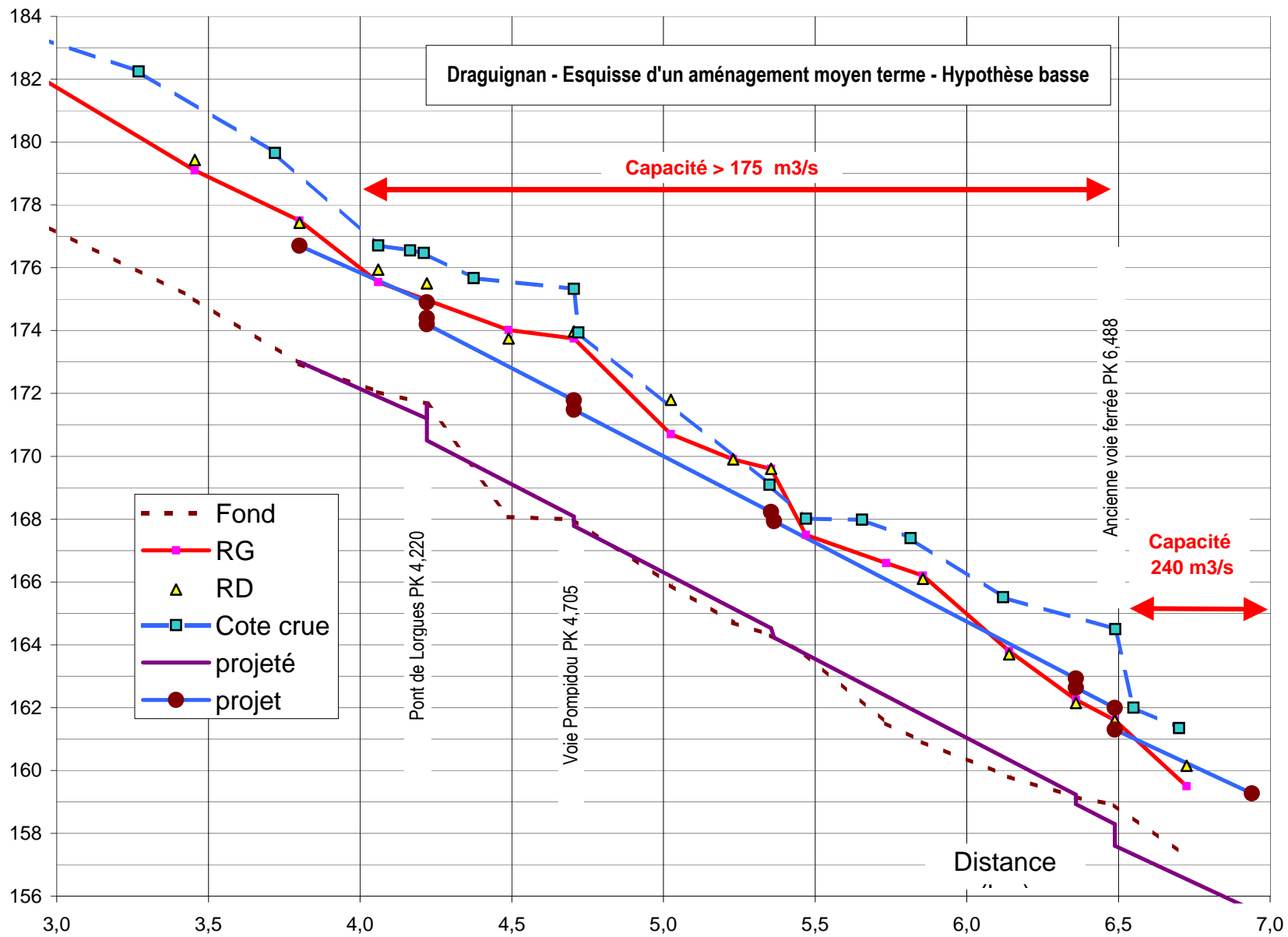


Figure 31

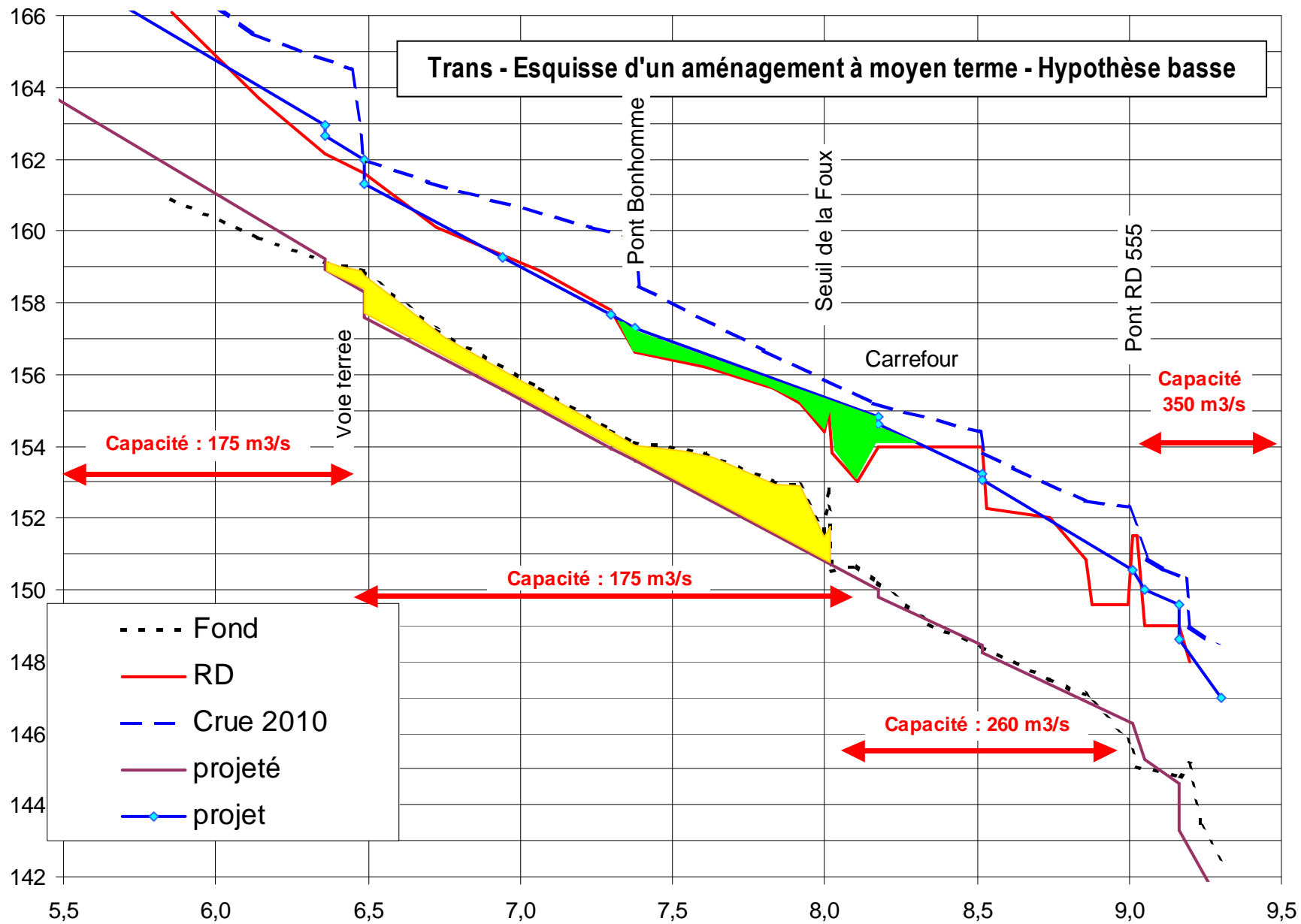


Figure 32

3. LA NARTUBY DE TRANS À L'ARGENS COMMUNES DE TRANS, LA MOTTE, LE MUY

3.1. Introduction

A partir de Trans, la vallée de la Nartuby est sur une longueur de 11 km caractérisée par une succession de plaines séparées par les cascades, à Trans même, à la Motte et enfin au Muy.

Le profil en long de 1934, levé par le Service des Forces Hydrauliques rend compte de cette morphologie.

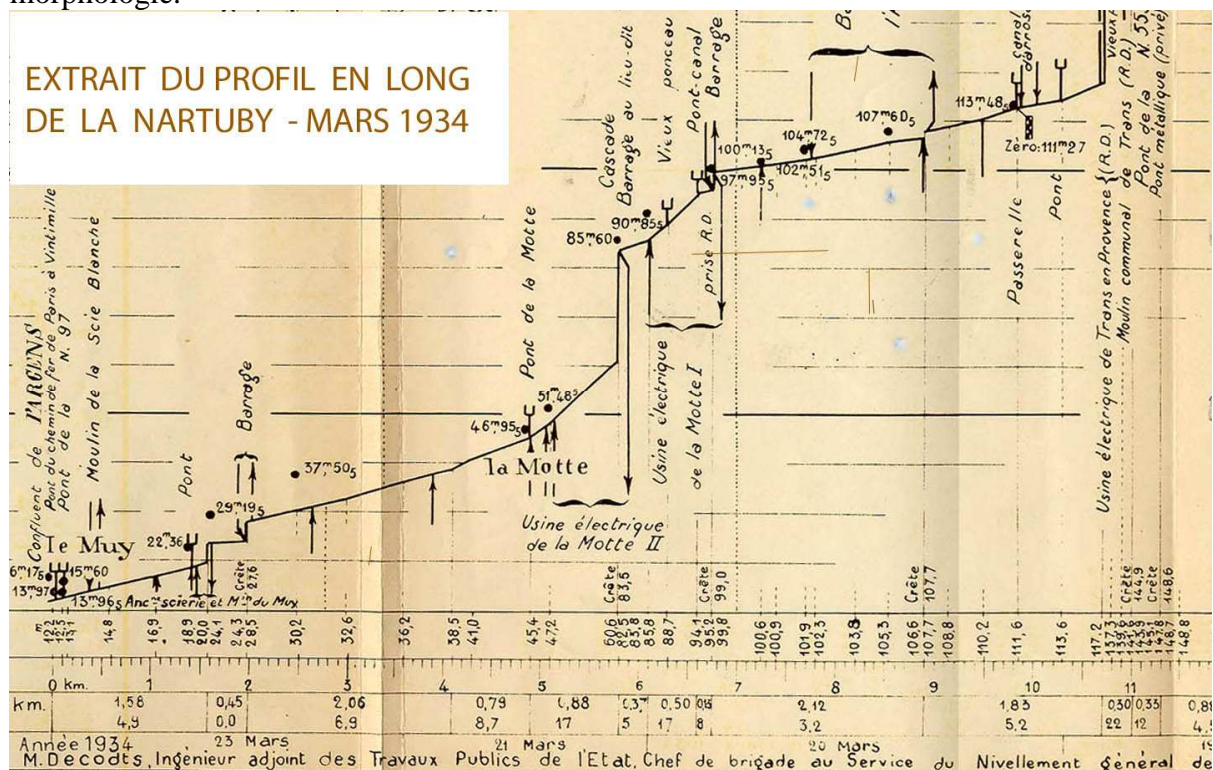


Figure 33 – profil en long de la Nartuby aval (1934)

Nous diviserons notre étude en trois tronçons :

- La plaine inondable de Trans à la Motte
- La traversée de la Motte
- La traversée du Muy.

3.2. La plaine inondable de Trans à la Motte ¹

3.2.1. Analyse du mécanisme de l'écoulement

Sur 6.5 kilomètres au delà des cascades de Trans, la vallée inondable est large; la rivière s'y écoule d'abord avec une pente décroissante :

- 5/1000 sur les 2 premiers kilomètres en aval de Trans (pente identique à la pente en amont des cascades).
- 3.2/1000 sur les 3 km suivants autour de la route des « Militaires » (RD 54) jusqu'à la prise d'eau de l'usine EDF.

Cette prise d'eau est établie en amont d'un seuil principalement naturel de 5 m de chute en eaux ordinaires ; en aval, le lit va s'encasser par rapport à son lit majeur en trois éléments :

- Un tronçon de pente 15/1000 environ sur 800 m.
- Le saut du Capelan, cascade de 22 m de chute.
- Un tronçon de 600 m et de pente 17/1000.

Lors de la crue de juin 2010, le lit de la Nartuby en aval du seuil de prise d'eau aurait été capable d'écouler la totalité du débit de la crue si la capacité du seuil de prise d'eau l'avait permis. Mais les débordements de la plaine en amont rive droite de la prise d'eau ont trouvé un large lit majeur en dépression le long du bord droit de la plaine qui a maintenu un écoulement sur une hauteur d'eau de l'ordre de 1 mètre jusqu'aux premières maisons de la Motte (schéma ci dessous). Le retour des eaux débordées s'est effectué en aval du saut du Capelan en incisant fortement le talus terminal.

On notera que l'estimation du débit maximum de la crue effectuée au Saut du Capelan dans le cadre du retour d'expérience post-crue n'a pu prendre en compte le débit qui l'a contourné.

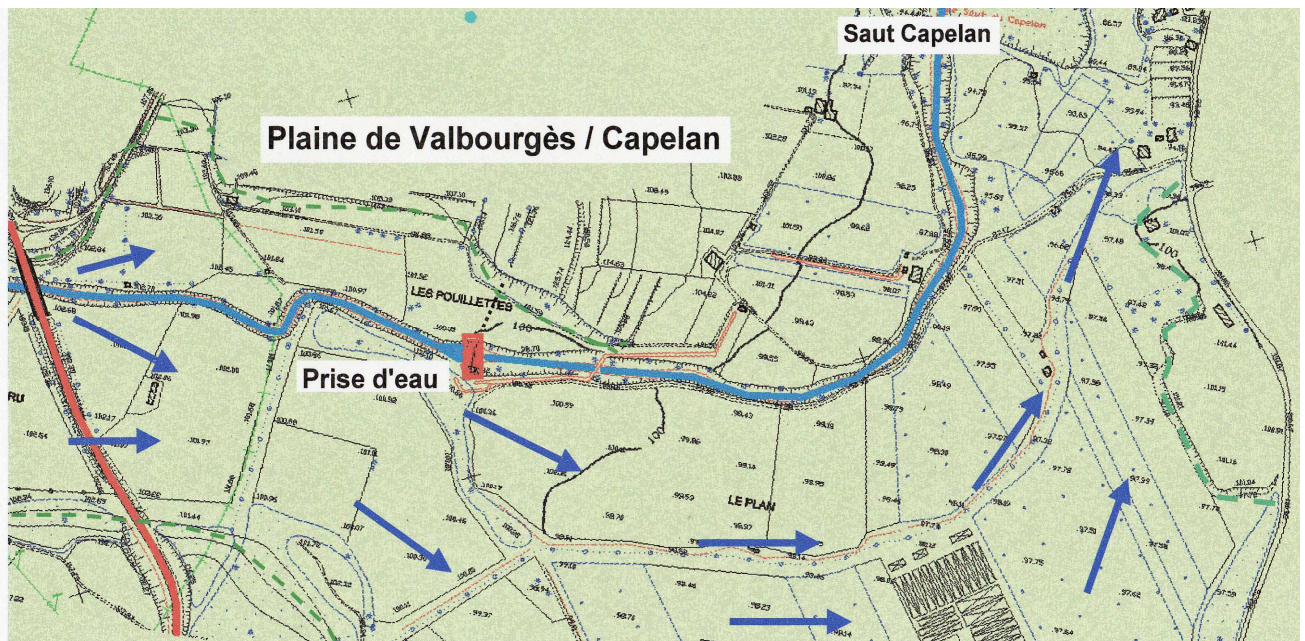


Figure 34 - Schéma des écoulements débordants dans la plaine à Valbourgès

¹ Ce paragraphe a été complété suite aux observations de la Commune de la Motte et à la prise en compte de données complémentaires.

Lors de la crue de juin 2010, aucun autre fait majeur ne nous a été signalé : le remblai de la D54 a été surmonté en rive droite. Si l'on excepte l'interruption du trafic, les conséquences semblent avoir été mineures relativement au caractère exceptionnel de la crue.

3.2.2. Analyse des actions

3.2.2.1. Débordement sur la RD 54

Si la RD 54 a été inondée en rive droite, ce n'est pas parce que le pont construit sur cette route de construction récente a été sous dimensionné; l'ouvrage offre une portée d'environ 50 m. C'est le plus important de tous les ouvrages construits sur la Nartuby. Il est vrai que la présence d'un lit majeur a obligé le concepteur à sur-dimensionner les débouchés en raison des faibles hauteurs d'eau des écoulements de plaine. Mais on notera aussi que l'ouvrage a été dimensionné en 1973 pour un débit de 440 m³/s, obtenu en l'absence de données hydrologiques fiables.

Le profil en long de la route à la traversée de la vallée de la Nartuby transmis par le Conseil Général montre un point bas en rive droite à la cote 103.25 NGF sur 80 m de longueur et une longueur de 220 m environ sous la cote 205.0 NGF.

La cote du point bas est inférieure au niveau de la crue de 2010 relevé par EGIS EAU en aval immédiat du pont, soit 103.47 NGF, mais le niveau de la crue en amont de la route ne nous est pas connu.

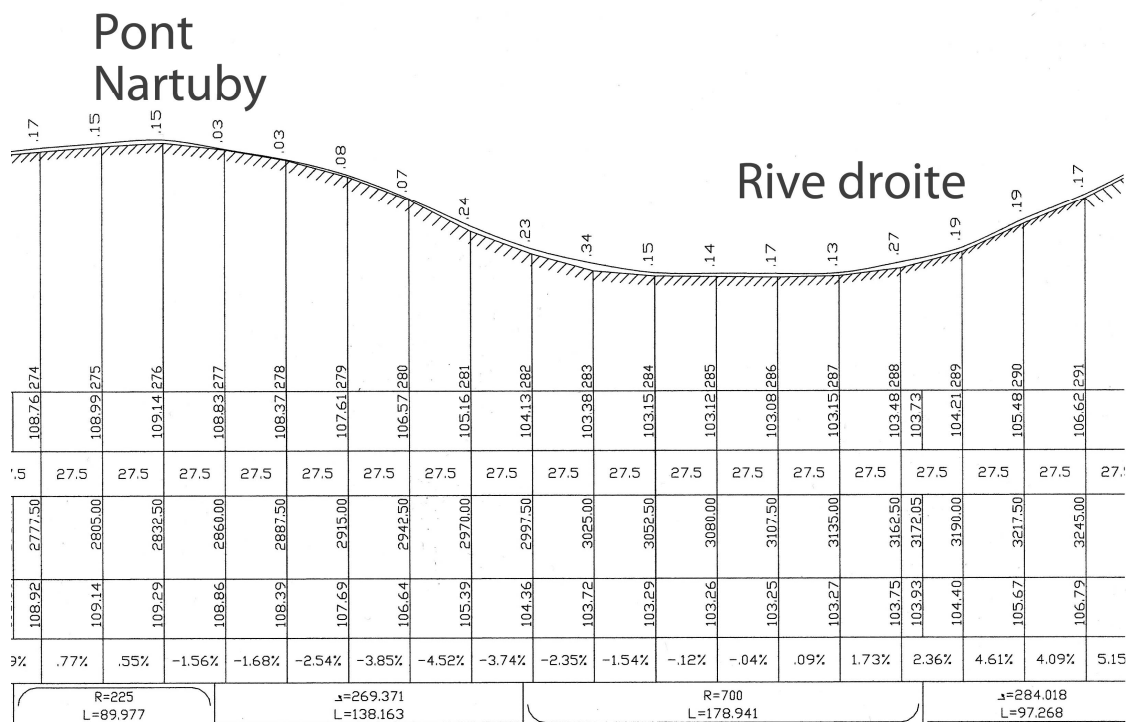


Figure 35 - Extrait du profil en long de la RD54 à la traversée de la Nartuby

Si le débordement doit être évité, même pour une crue multi-séculaire comme la crue de juin 2010, il suffira d'exhausser le remblai rive droite pour le mettre hors d'eau pour une telle crue. Il en résultera pour les crues exceptionnelles une surélévation des niveaux en amont qui ne devrait pas être dommageable et qui ralentira un peu la propagation de la crue. Rappelons que seule une étude globale de la propagation peut juger de l'opportunité de ce

ralentissement; mais s'agissant d'un effet sur les crues pluri-centennales, nous ne pensons pas que cet impact plutôt positif présente un réel intérêt.

La laisse de crue EGIS N° 145 (cote 105.24) et la cote de la chaussée en rive droite inondée à 103.25 (plan 1/5000) nous font penser qu'une surélévation de 1.75 m au point bas de la route et d'une longueur totale de 220 m permettrait de mettre hors d'eau la voie pour le débit du 15 juin 2010. Cette surélévation de la route pourrait donc permettre sa mise hors d'eau et, si une étude le juge utile, constituer une mesure compensatrice de la diminution des submersions à Trans, mesure qui serait localisée sur le territoire même de cette commune.

3.2.2.2. Capacité du seuil de prise d'eau

L'alimentation de la prise d'eau par un seuil fixe accroît la fréquence de submersion des terrains en amont, mais surtout en aval rive droite :

- Le débit contournant le seuil en rive gauche a rejoint le lit encaissé de la Nartuby, en érodant le talus mis à nu et fragilisé (en haut à gauche sur la photo ci dessous). En regard de la puissance de la crue, il n'est pas certain que ce dommage appelle des correctifs. Il serait prudent toutefois d'effectuer une reconnaissance géotechnique (superficielle ou par sondage) pour apprécier le risque de contournement et d'incision du lit en amont.
- Sur la rive droite, les dommages concernent les cultures et l'érosion au retour des eaux à la Motte. On pense évidemment à la possibilité d'accroître à niveau amont donné l'écoulement sur le seuil. Pour ne pas reprendre en entier la conception des ouvrages de prise, le niveau de la retenue doit être maintenu, ce qui peut être obtenu de deux façons :
- Elargir le seuil vers la rive gauche, ce qui peut se conjuguer à une protection de l'ouvrage contre le contournement en rive gauche.
- Construire un vannage mobile asservissant le niveau : pour être efficace, il faudrait un vannage évacuant 150 m³/s à plein bords et une vanne de 15x2 m environ, automatique.



Photo 30 - Seuil de prise d'eau EDF – Au fond, griffe d'érosion provoquée par le contournement en rive gauche

Le point de vue du gestionnaire de l'ouvrage est essentiel à ce stade de la réflexion. Mais aussi, on devra s'interroger sur l'efficacité de cette solution et son impact. Il ne sera pas facile en effet de ramener vers la Nartuby le débit débordant en amont.

Si une digue d'entonnement épaulée sur la butte de Valbourgès s'avérait indispensable, la solution devient consommatrice d'espace et coûteuse, car il faudra que cette digue puisse supporter le déversement des crues exceptionnelles et soit donc en partie revêtue. Si malgré son coût ce projet était envisagé, l'accroissement de la capacité du seuil serait de peu d'intérêt.

Mais la suppression ou la diminution des débordements en rive droite accélérerait la propagation de la crue et pourrait accroître légèrement le débit maximum des crues moyennes débordantes, telle la crue de 1974. Cet impact peut être jugé inacceptable en regard des enjeux de protection. Si la modification du seuil était projetée, il faudra donc étudier cet impact sur la propagation jusqu'à l'Argens compris.

La réalisation de la digue seule peut permettre d'accroître l'accumulation dans la plaine amont et par là compenser la diminution des volumes inondés à Draguignan et Trans : cet aménagement global, qui compléterait la rehausse de la route, exige des modélisations de la propagation qui permettent d'apprécier leur impact pour les différentes crues de la Nartuby et de l'Argens.

La complexité des problèmes et les interactions entre acteurs nous conduisent à placer l'étude de ces actions en deuxième urgence.

3.2.2.3. Limitation des débordements rive droite au retour des eaux en amont de la Motte

Le report de l'étude des actions envisagées ci dessus en 2^{ème} urgence conduit à rechercher la limitation de l'effet des débordements au retour des eaux en amont rive droite à l'entrée de la zone agglomérée de la Motte.

En ce lieu, les eaux doivent franchir le canal du Muy à proximité des premières maisons ; lors des crues débordantes, elles l'alimentent abondamment : ce canal constitue à son tour un répartiteur avec déversement aléatoire le long de son parcours ; de ce fait résultent des inondations dans le quartier du Serre, ainsi que pour deux maisons sises en bordure de l'avenue Ste Roseline, en contrebas du chemin des Pouillettes.

La reconnaissance du terrain révèle une topographie complexe de part et d'autre du canal : ce ne sont pas seulement les berges du canal qui font obstacle à l'écoulement des eaux ; d'amont en aval, on observe successivement :

- Le chemin privé de Valbourgès est légèrement en remblai et domine le canal d'environ 1 mètre.
- Entre ce chemin et le canal, des déblais provenant sans doute d'anciens curages forment une digue irrégulière plantée de grands arbres.
- Le canal domine sa rive gauche et le chemin des Pouillettes de quelques décimètres.
- Enfin le chemin des Pouillettes domine aussi les deux maisons et la vigne.

Les eaux déversées en contrebas du chemin des Pouillettes autour de ces maisons ont trouvé lors de la crue de juin 2010 un exutoire dans un canal artificiel très ancien ; la présence de ce canal démontre que le problème du retour des eaux de la plaine de Valbourgès était connu des anciens.

La première idée qui vient à l'esprit sera donc la réalimentation de ce canal : mais elle n'est réalisable que si la deuxième maison est sacrifiée ; le canal serait alors prolongé jusqu'en

amont du chemin privé de Valbourgès, ce qui nécessite deux ponceaux sur les chemins et un passage en siphon du canal.

La 2^{ème} solution consistera à abaisser les chemins et le terrain autant qu'il est possible entre le chemin privé amont et la vigne en aval du chemin des Pouillettes, de façon à créer un « chenal sec » rejoignant l'ancien canal en aval de la maison. Ce chenal ne supprimera pas le risque d'inondation de la maison la plus exposée.

Le franchissement du canal du Muy se fera soit en abaissant les berges autant qu'il est possible, soit par un siphon. Dans le premier cas, une vanne ou mieux un module à masque limitant la capacité du canal à sa valeur nominale sera implanté en rive droite de ce chenal sec.

Le choix de la solution et sa définition nécessitent un levé détaillé au 1/200 couvrant le canal et le chemin des Pouillettes sur 200 m depuis la route et s'étendant sur 50 m en aval du chemin des Pouillettes et sur 50 m en amont du canal.

3.3. La traversée de la zone urbanisée de la Motte

3.3.1. Analyse du mécanisme de l'écoulement

La traversée de la Motte dans sa zone urbaine ne comporte pas de lit majeur ; aussi la crue de 2010 ne s'est pas traduite par une inondation notable. Lorsque l'on descend vers l'aval au delà de la zone urbanisée, les terrasses qui dominent la rivière tendent à s'abaisser et sont inondables.

Le lit reste très encaissé et sa pente est forte : 8.7 /1000 d'après le profil en long de 1934. Ses berges supportent des pentes raides qui révèlent une bonne cohésion ; mais cette cohésion masque une érodabilité forte, malgré l'ancienneté des matériaux constitutifs.

Au droit du lotissement du Pigeonnier, la Nartuby dessine un coude qui va accentuer l'attaque des courants contre la rive gauche : le recul de berge a été considérable, sur des terrains qui ne sont pas des alluvions contemporaines : il a pu localement dépasser 10 m.

Faute de mieux, la reproduction du document publié par Google Earth permet de voir l'élargissement du lit dans le coude en regard de la largeur amont.

En équilibre instable à la verticale du talus, plusieurs maisons devront être détruites.



Photo 31 - La Motte – lotissement du Pigeonnier le 22 juin 2010 - Image 2011 Geoeye

La commune nous a posé le problème du risque pour les maisons que la géotechnique ne condamne pas à disparaître : existe-t-il pour ces maisons et la voirie qui les dessert un risque de poursuite de l'érosion et comment y remédier ?

3.3.2. Analyse des actions

3.3.2.1. Pont de la RD 254

La culée rive droite a été affouillée sur environ 1.30 m de hauteur. Cet affouillement est consécutif aux très fortes vitesses observées sous l'ouvrage : en admettant la mise en charge de la section de 68 m² et un coefficient de contraction de 0.85, on obtient une vitesse de 8 m/s. A moins que le fond soit constitué d'une roche dure, il est possible que l'ouvrage ait été plus profondément affouillé pendant la crue. Si le fond est affouillable, nous conseillons

la réalisation d'un radier en béton au dessus du niveau des pieux. La réparation simple a déjà été effectuée.

3.3.2.2. Lotissement du Pigeonnier.

Au point le plus affouillé, c'est à dire au profil en travers N°2 représenté ci après, la distance horizontale est de 12 m pour une dénivelée supérieure à 8 m. Un recul de 10 m placerait la rue dans les conditions actuelles d'instabilité des maisons condamnées.



Photo 32 - Vue d'aval : maison effondrée au premier plan

La raideur des talus et l'effet de coude font craindre la poursuite de l'érosion. A court terme, l'absence de végétation accroît la vitesse en crue et l'érodabilité des sols.

Toute protection de type végétal est à exclure, en raison de l'effet du coude et des vitesses excessives. La protection sera réalisée en couvrant un remblai drainant d'un matelas grillagé du type Reno ou équivalent, d'une épaisseur de 0.30 m. Nous conseillons d'ancrer les matelas à l'aide de fers à béton pour éviter tout risque de glissement. Le pied de la protection sera constitué par un enrochement lourd mis en place sous le niveau d'étiage (épaisseur : 2 m, largeur : 3 m) ou à la rigueur par la prolongation du matelas à l'horizontale sur 3 m de longueur et 1.5 m sous le niveau d'étiage. La partie haute de la protection sera végétalisée à l'aide d'arbustes et de buissons. Le remblai drainant ne sera pas prélevé dans la rivière à proximité du site à protéger.

Le schéma en plan indique l'implantation du pied de talus revêtu calé au niveau de l'étiage. Un levé au 1/200 sera réalisé pour optimiser son implantation et préciser l'ancrage amont : la longueur à prévoir est de 160 m.

Le coût de cette protection à réaliser en 1^{ère} urgence est estimé à 250 000 €.

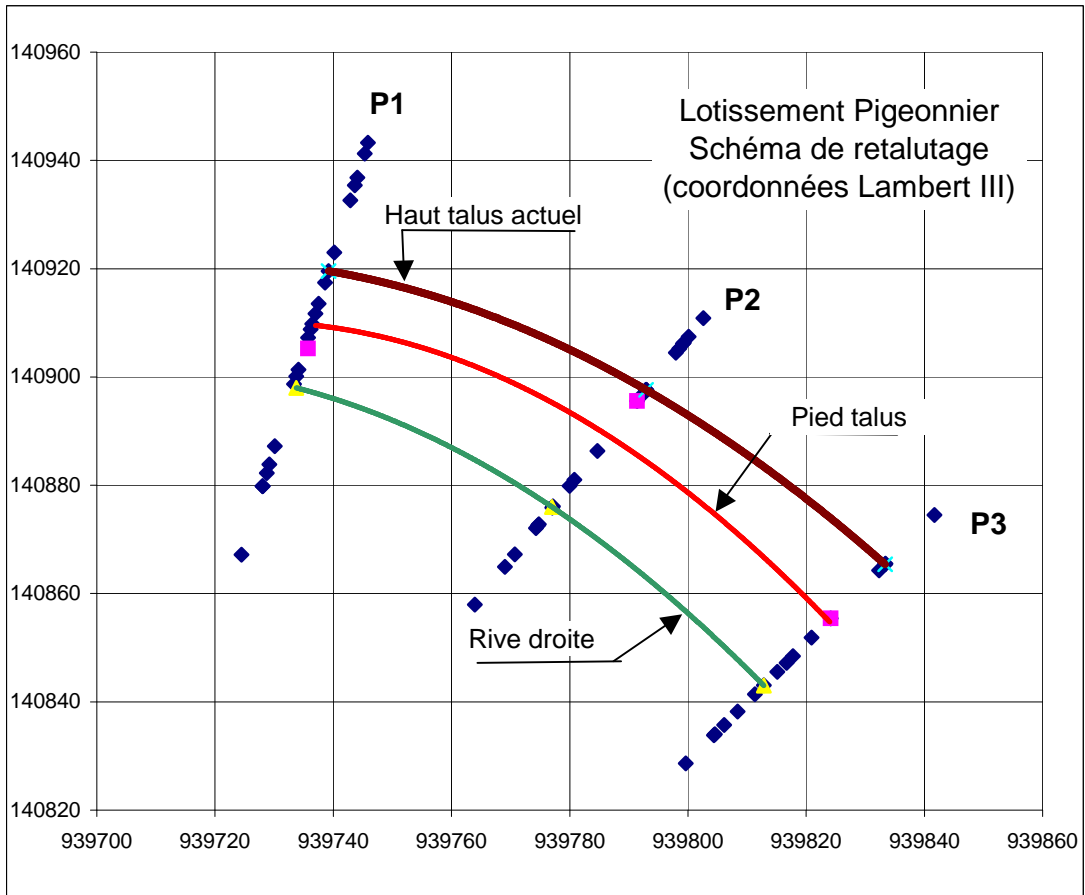


Figure 36 – localisation approximative de la protection

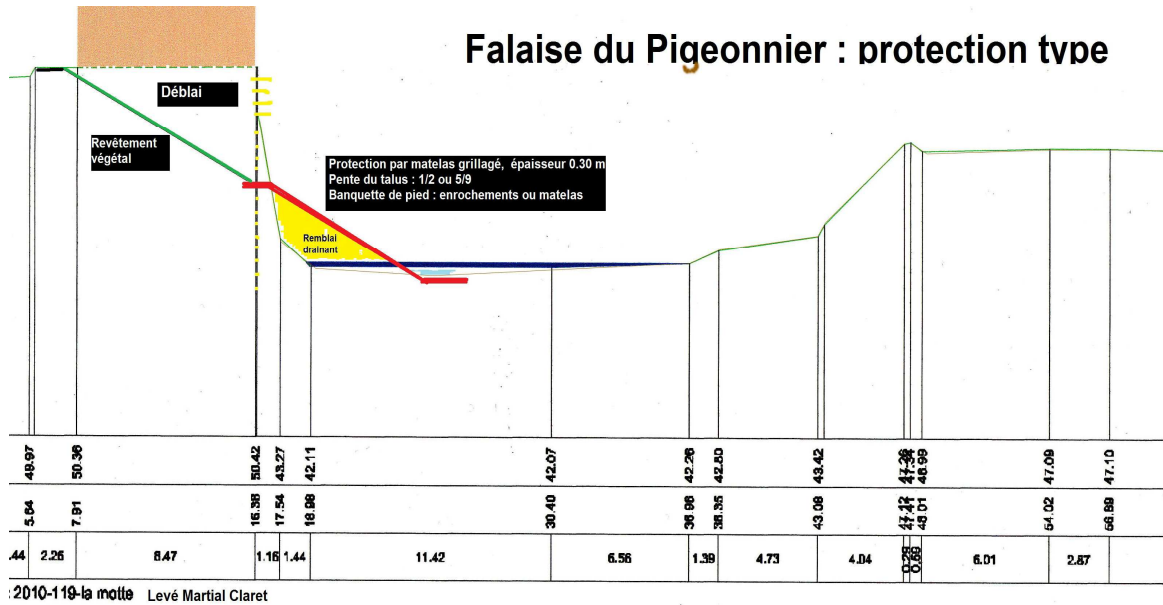


Figure 37 – Coupe type de la protection

3.4. La Nartuby au Muy

3.4.1. Analyse du mécanisme des écoulements

Le profil en long ci dessous définit les principaux caractères physiques de la Nartuby au Muy. Il représente en abscisse les distances kilométriques suivant l'axe de la rivière et en ordonnée l'altitude du fond du lit, de la cote des berges et de la ligne d'eau maximum de la crue de juin 2010.

Cette dernière ligne montre que l'écoulement de la crue s'est effectué différemment en amont et en aval :

- En amont, l'écoulement est influencé par le moulin des Serres, qui crée lors de la crue une dénivelée de 14 m entre l'amont des cascades et le vieux pont. La morphologie de la plaine et le remblai du CD 25 ont reproduit presque à l'identique les dysfonctionnements observés à Trans au droit de la voie express.
- En aval des cascades, la dénivelée de la crue entre le confluent avec le ruisseau de Parrot et l'Argens n'est que de 1 m. Le niveau de la crue est donc déterminé par le niveau de l'Argens ; cette influence de l'Argens appelée « remous » par les hydrauliciens est la cause essentielle de l'inondation du centre ville.

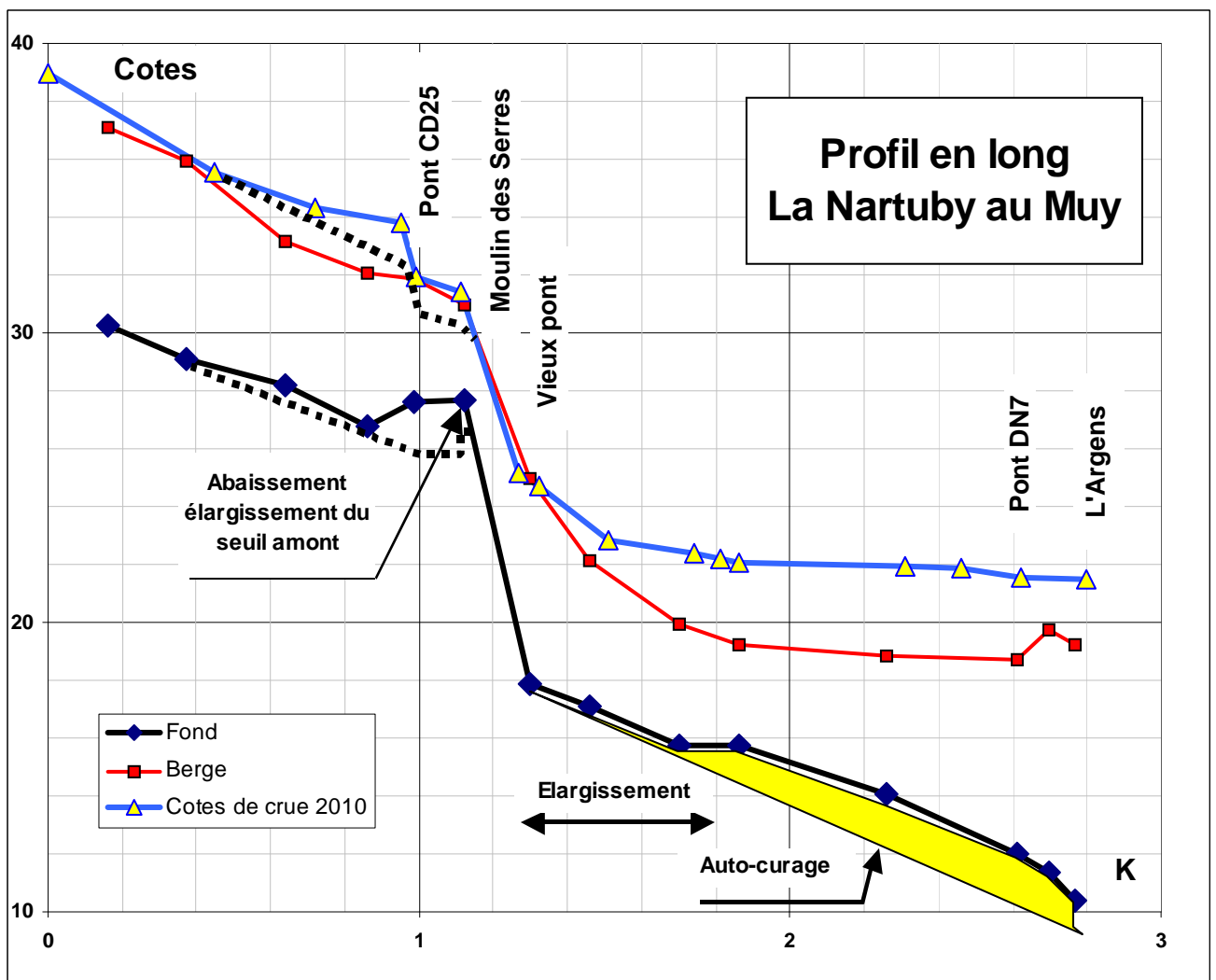


Figure 38 – Profil en long de la Nartuby au Muy

L'analyse du fonctionnement hydraulique de l'Argens est présentée au tome 3 ; seul un résumé est présenté ici.

3.4.1.1. Quartier des Serres

Les eaux de crue se sont heurtées à l'obstacle de la déviation du CD 25 construite il y a une vingtaine d'années et qui contourne par l'amont le quartier des Serres. Le franchissement de la Nartuby est assuré par un ouvrage composé de deux travées de 18 m biais par rapport à l'axe de la rivière. Le tracé du CD 25 se redresse en rive droite parallèlement à la Nartuby sur une terrasse inondable par l'amont et perchée au dessus des cascades du Moulin de Serres

Le nouveau pont sur la Nartuby s'est mis en charge : la route et le pont ont été submergés (voir schéma) :

- En rive gauche, les eaux déversées ont envahi le quartier des Serres en suivant les cheminements possibles entre les habitats et les murs et ont rejoint la Nartuby dans la plaine inférieure au pied des cascades.
- En rive droite, les eaux ont d'abord cheminé entre la route et le canal d'irrigation, soit donc en amont de la route. Une partie du débit a déversé sur la route sur un point bas prévu à cet effet et s'est déversée entre les cascades et l'ancien pont par dessus la berge, ce qui est la cause de l'érosion de celle ci. Au droit du vieux pont, la différence de niveau entre le carrefour de l'ancien et du nouveau CD 25 a été de 5.77 m au maximum de la crue (points rouges sur le schéma : cote 25.17 dans la Nartuby et 30.94 près du CD25).

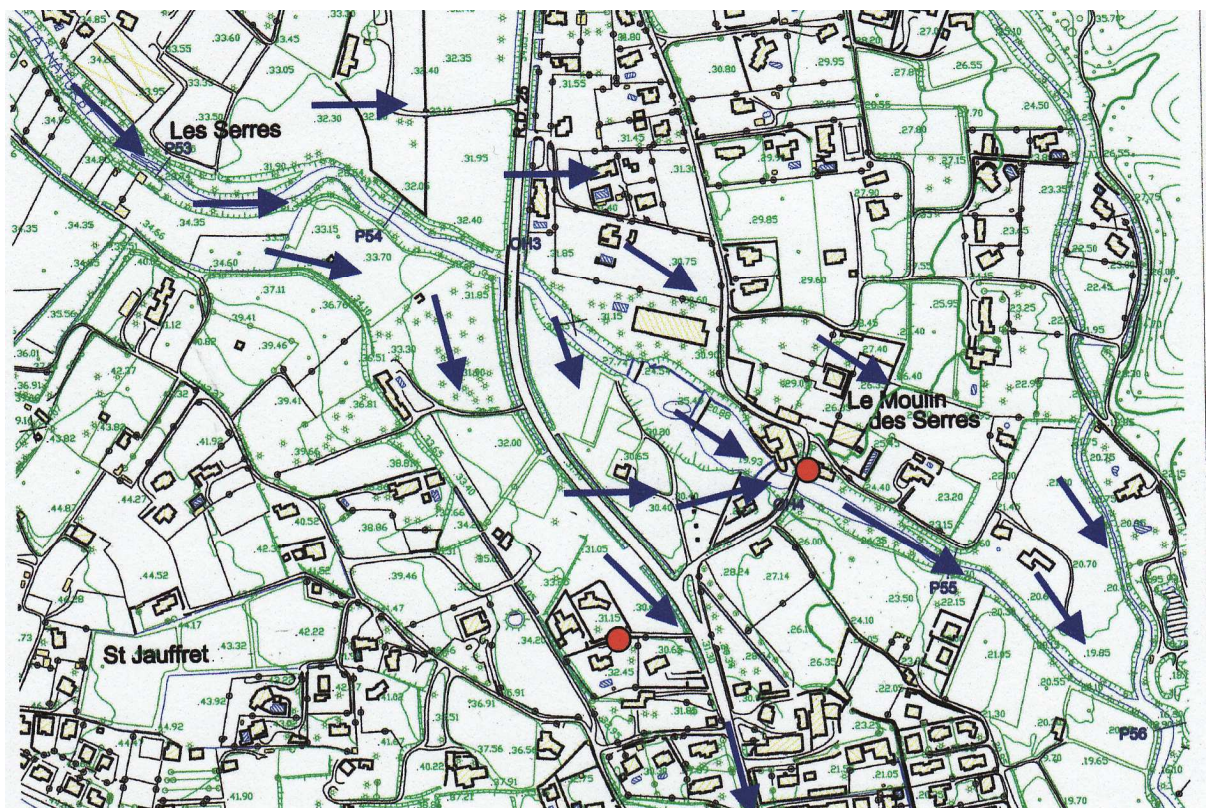


Figure 39 - Schéma des écoulements maxima
15-16 juin 2010 autour du Moulin des Serres

les

Le niveau excessivement élevé au carrefour a alors permis l'écoulement sur le CD 25 vers le Muy à partir de ce carrefour, déversement qui a atteint les lotissements en bordure alors que le niveau des terrains était supérieur au niveau maximum dans la Nartuby proche.

Le risque de déversement par la terrasse rive droite n'avait pas échappé aux hydrauliciens et aux concepteurs de la déviation routière qui avaient prévu le déversement sur la chaussée.

Nous avons dans le tome 1 de cette expertise tenté une estimation du débit écoulé en juin 2010 sous le nouveau pont, en considérant les niveaux maxima atteints alors de part et d'autre de l'ouvrage, et obtenu une capacité de 366 m³/s, soit à peu près le débit centennal. Cette évaluation est un peu surestimée, un conteneur s'étant bloqué sous le pont entre la risberme et le tablier.

Le débit dont est capable le pont sans déversements dommageables est bien inférieur .

L'insuffisante capacité du pont de la déviation du CD 25 résulte non de l'insuffisance de l'ouvrage, mais de l'insuffisance de la section d'écoulement de la rivière aux abords et en aval de l'ouvrage. Pour pallier cette insuffisance, l'étude hydraulique avait envisagé un élargissement de la section de part et d'autre du pont, avec une largeur de 23 mètres. Les crues ordinaires ont colmaté cet élargissement ponctuel : la largeur réelle sous le pont n'était plus que de 13 m suivant le levé utilisé pour le PPRI dans les années 90 et de 15 m après la crue de Juin 2010 : la section élargie artificiellement sous le pont n'était donc pas morphologiquement stable.

C'est le seuil du moulin en amont des cascades qui détermine l'équilibre du lit au droit du pont : l'accroissement de la capacité d'écoulement sous le pont implique donc pour être stable une modification de la géométrie de ce seuil.

3.4.1.2. La Nartuby en amont du confluent avec l'Argens

L'examen des nombreuses laisses de la crue de juin 2010 montre que la pente de l'écoulement a été très faible sur plusieurs centaines de mètres en amont de l'ex RN7. Le remous de l'Argens est donc la cause principale des niveaux extrêmement élevés observés au Muy.

Les causes de cette élévation des niveaux sont de deux ordres :

1. Les hauteurs d'eau sont fortes dans la plaine en aval : la capacité d'écoulement du lit de l'Argens est très faible, en raison de l'épaisseur de la ripisylve et de l'étroitesse de son lit.
2. Les obstacles au libre écoulement sont multiples :

Sur l'Argens :

- Digue ceinturant le lac du Rabinon : hauteur supérieure à celle du terrain naturel avant creusement de la sablière.
- Digue rive gauche du centre équestre : elle relève les niveaux dans l'Argens et dans la Nartuby et favorise la sédimentation des lits en amont du confluent sur les deux cours d'eau.
- Remblais de la station d'épuration et de la déchetterie.
- Rétrécissement du champ d'inondation par la voie ferrée et l'autoroute.
- Remblai de l'autoroute A8.

Sur la Nartuby :

- Remblais de la voie ferrée

- Remblai de l'ex RN7
- Bâtiments en bordure de ces voies contrariant le déversement dans la plaine de l'Argens.
- Débouché trop faible des ouvrages sous l'ex RN7 et la voie ferrée. Le passage inférieur sous la voie ferrée ne peut jouer le rôle d'un ouvrage de décharge en raison des obstacles à l'écoulement en amont et en aval.

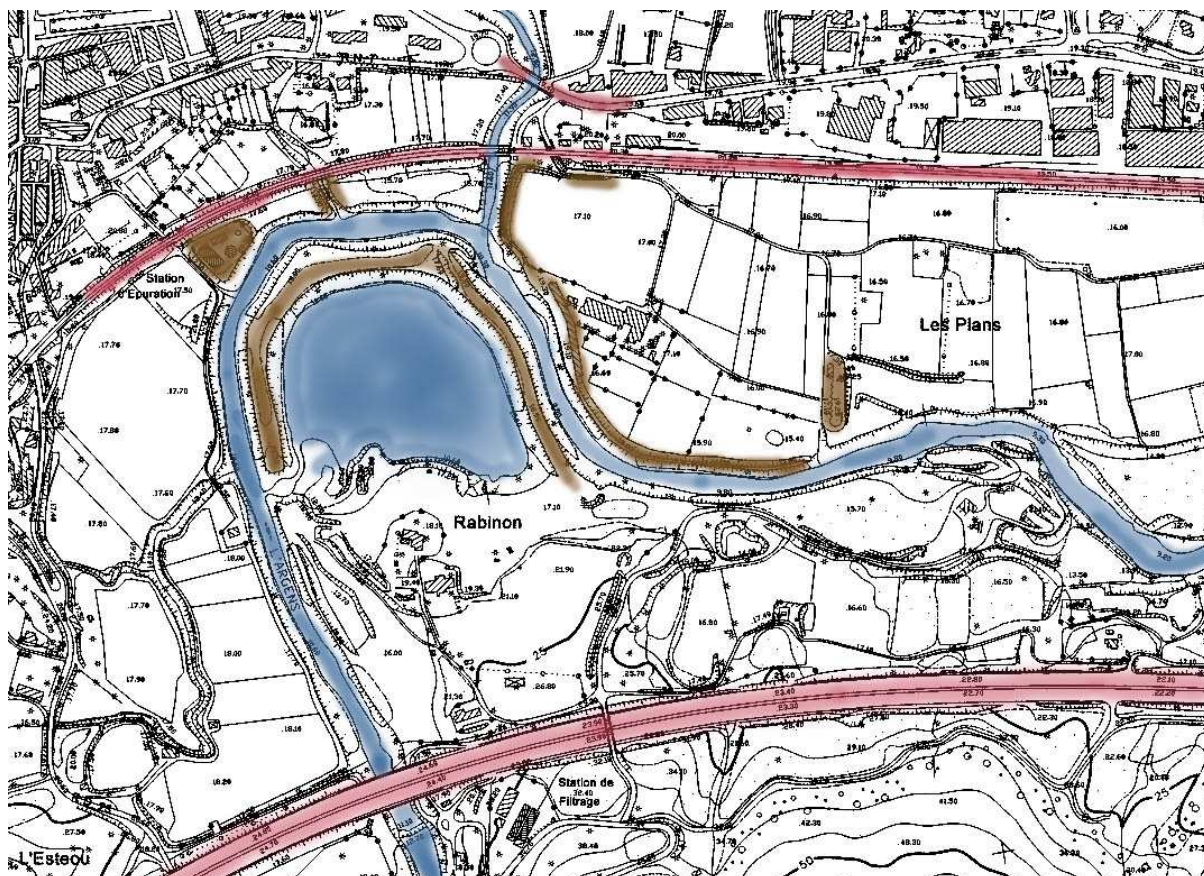


Figure 40 - Localisation des obstacles à l'écoulement des crues de l'Argens

La section du pont de l'ex RN7 est très insuffisante : 55 m² au total, soit 40 m² seulement utiles, si l'on prend en compte le biais de l'ouvrage et la contraction sur la voûte en charge.

Pour les moyennes et fortes crues de la Nartuby, jusqu'à la crue centennale, ce n'est plus le niveau dans l'Argens qui sera la cause des débordements en amont. Ceux ci seront dus à l'addition des causes suivantes :

- section insuffisante du pont de la RN7
- mauvaise alimentation de l'ouvrage routier sous la voie ferrée
- relèvement du niveau au confluent provoqué par la digue du Centre Equestre.
- rugosité excessive des berges de la Nartuby insuffisamment éclaircies entre l'ex RN7 et le confluent.

Ces causes ont en outre un effet sur la sédimentation du lit et des berges lors des crues moyennes, ce qui élève encore plus le niveau des fortes crues.

En conclusion, si en juin 2010, c'est avant tout le niveau dans l'Argens qui est en cause, il n'en va pas de même pour les crues moins exceptionnelles, pour ces crues c'est à la fois l'abaissement du niveau au confluent et l'augmentation de la capacité d'écoulement entre le confluent et la RN7 qui permettront un abaissement significatif du niveau au centre ville.

3.4.2. Analyse des actions

3.4.2.1. CD 25 et moulin des Serres

L'abaissement du seuil du moulin qui est construit sur la cascade la plus amont est le meilleur moyen d'améliorer la protection des lieux habités :

- En reculant le risque de submersion du CD 25 en rive gauche, l'abaissement diminue l'inondabilité du hameau des Serres.
- En diminuant le débit écoulé en rive droite, l'écoulement en aval du carrefour de l'ancienne et de la nouvelle route vers le Muy sera supprimé.
- Le déversement sur le CD 25 en rive droite sera moins fréquent et plus limité.

La seule alternative est l'abaissement du profil de la route en rive droite, mais cet abaissement n'aurait d'effet que sur cette seule rive. Il accroîtrait le risque d'érosion de la rive droite en amont du vieux pont sur le site classé du moulin des Serres.

L'abaissement du seuil amont des cascades n'aurait pas d'impact sur le site classé : les cascades photographiées ci dessous à partir du pont ne subiraient aucune modification.



Photo 33 - Les cascades du moulin des Serres vues du vieux pont

Les dimensions du seuil du moulin sont en première approximation :

- Largeur : 18 m
- Cote du seuil : 27.6 m

L'aménagement consisterait à abaisser le seuil de 1 m à 1.5 m. En variante, on pourra étudier un abaissement moindre combiné à un élargissement.

L'efficacité de cet abaissement est double ; il abaisse les niveaux en aval et en amont du pont : c'est l'effet hydraulique. Mais surtout il garantit la stabilité des fonds qui s'abaisseront, soit naturellement par auto-curage, soit immédiatement par un curage qui sera stable et donc durable.

3.4.2.2. Aval du vieux pont

Les érosions de berge en aval du vieux pont appellent un confortement de la berge rive gauche. La pente de l'écoulement en aval du vieux pont est encore très forte et les vitesses en crue sont élevées. Une largeur suffisante doit donc être laissée à la rivière, pour éviter l'incision du lit et l'affouillement des rives non protégées : cette largeur sera de 15 m à la base ; les talus auront une pente comprise entre 25 et 30°.

La protection pourra être du type préconisé à la Motte, les paramètres hydrauliques étant comparables.

3.4.2.3. Confluence Nartuby-Argens

Nous avons vu que l'amélioration du fonctionnement des ouvrages de l'ex-RN7 et de la voie ferrée serait efficace principalement pour les crues moyennes à fortes et le serait moins pour les crues extrêmes telle la crue de juin 2010. On rappellera que la modeste crue de 1996 a provoqué une inondation en amont de la route. C'est pour cette sorte d'événement que la diminution de la perte de charge est essentielle.

Ajoutons que cette amélioration aura également pour effet d'assurer un auto-curage dans le lit amont.

Plusieurs interventions de difficulté croissante peuvent améliorer l'écoulement :

1. Nettoyage du lit par débroussaillage et éclaircissement de la végétation de pied de berge entre la route et le confluent.
2. Ouverture de la digue séparant la Nartuby et la route d'accès à la déchetterie et abaissement du mur à l'aval du passage inférieur.
3. Réouverture de l'ouvrage de décharge identifié en rive gauche du pont routier, si les archives et la reconnaissance de l'ouvrage montrent que cette remise en service est possible et efficace.
4. Si les actions précédentes s'avèrent insuffisantes ou impossibles, il faudra recourir à l'augmentation de la section du pont sous la route. Il y aura alors plusieurs possibilités :
 - amincir le tablier pour accroître la section en crue sans risquer de colmatage en eaux ordinaires.
 - sur creuser le lit, ce qui ne peut être envisagé que si le niveau à débit donné de l'Argens baisse au confluent.

- élargir l'ouvrage, l'expérience du CD 25 montrant toutefois les limites de cette solution.



Photo 34 - Lit de la Nartuby au Muy en aval de la voie ferrée

Les trois premières actions n'interagissent pas avec les solutions qui seront retenues sur l'Argens. Nous proposons donc de les mettre en œuvre en 1^{ère} urgence.

La modification du pont routier est liée aux choix d'aménagement et de gestion qui seront faits sur l'Argens aval ; elle peut également dépendre de contraintes autres qu'hydrauliques. Nous proposons donc de la reporter en 2^{ème} urgence.

Le PPRI va très certainement placer en zone non constructible les terrains bordant la route et la voie. Il serait souhaitable de veiller à maintenir ou à créer comme à Draguignan des couloirs libres d'obstacles pour améliorer la transparence pour les crues exceptionnelles.

Toute surélévation dans l'avenir des voies, routière ou ferrée, devra être compensée par la création d'ouvrages de décharge maintenant au minimum la section actuelle offerte par ces infrastructures à l'écoulement débordant. Les glissières en béton armé devront être exclues ou remplacées par des dispositifs transparents à l'écoulement.

3.4.2.4. L'Argens

Les actions envisageables sur l'Argens seront explicitées dans le tome 3 de ce rapport ; nous nous bornerons ici à les récapituler :

1. Arasement des digues du Rabinon à une cote supprimant toute surélévation au Muy pour les crues dommageables.
2. Rétablissement d'un écoulement sur les bancs anciens en cours d'alluvionnement par réalisation d'un essartement sélectif.

3. Amélioration du fonctionnement des ouvrages de l'autoroute A8 au Muy et à Roquebrune.
4. Etat de surface de la plaine limitant ou diminuant les obstacles à l'écoulement
5. Elargissement des sections du lit exagérément rétrécies.

Seules les trois premières actions sont proposées en 1^{ère} urgence. La dernière s'inscrit dans un plan global de restauration du lit de l'Argens dans la basse vallée.

Table des matières

Introduction	3
1. Présentation générale	3
2. Déroulement de l'expertise	4
3. Plan du rapport	4
4. Documents consultés	5
1. La Nartuby en amont du Petit Plan	
1.1. Généralités	7
1.1.1. Les débits maxima instantanés	7
1.1.2. Profil en long	7
1.1.3. Dysfonctionnements majeurs	10
1.2. Définition des actions urgentes	11
1.2.1. Commune de Montserrat	11
1.2.2. Communes de Châteaudouble et Ampus	21
1.2.3. Amont de la commune de Draguignan	60
2. La plaine urbanisée de Draguignan à Trans	
2.1. Introduction	69
2.2. Analyse du mécanisme de l'inondation	69
2.2.1. Entre le Petit Plan et Saint Hermentaire	69
2.2.2. Saint Hermantaire – Salamandrier	71
2.2.3. Boulevard Saint Exupéry – pont de l'ancienne voie ferrée	72
2.2.4. Ancienne voie ferrée à prise d'eau de la Foux	73
2.2.5. De la prise d'eau de la Foux au centre de Trans	74
2.3. Les débits maxima et la propagation des crues	77
2.3.1. Rappel des débits maxima annuels	77
2.3.2. L'impact des aménagements sur la propagation des crues	77

2.4. Analyse des actions	79
2.4.1. Le préalable de l'entretien du lit et des berges	79
2.4.2. L'accroissement de la capacité du lit	80
2.4.3. La restauration du profil en long (secteur des Incapis)	81
2.4.4. Digue déversante à l'amont du pont de Lorgues	82
2.4.5. Abaissement des niveaux dans la plaine entre le Petit Plan et Saint Hermentaire	82
2.4.6. Confortement de la berge rive droite au chemin de l'Ubac	83
2.4.7. Reconstruction du pont des Incapis	83
2.4.8. Ouverture de brèches dans le remblai de l'ancienne voie ferrée	84
2.4.9. Abaissement des niveaux dans la zone industrielle de Trans	85
2.4.10. Transparence de la voie express	85
2.4.11. Amélioration de la capacité du pont des Ecoles	86
2.4.12. Amélioration des ouvertures au Pont Vieux	87
2.4.13. Passerelle Pisani	88
3. La Nartuby de Trans à l'Argens	103
3.1. Introduction	103
3.2. La plaine inondable de Trans à la Motte	104
3.2.1. Analyse du mécanisme de l'écoulement	104
3.2.2. Analyse des actions	105
3.3. Traversée de la zone urbanisée de la Motte	109
3.3.1. Analyse du mécanisme de l'écoulement	109
3.3.2. Analyse des actions	109
3.4. La Nartuby au Muy	112
3.4.1. Analyse du mécanisme des écoulements	112
3.4.2. Analyse des actions	116

