

SOMMAIRE

OBJET DE L'ETUDE.....	I
1. METHODOLOGIE.....	1
1.1. RECUEIL DE DONNEES.....	1
1.2. METHODOLOGIE	1
2. FONCTIONNEMENT DYNAMIQUE DES RIVIERES.....	3
2.1. DESCRIPTION GENERALE.....	3
2.1.1. LE PETIT BUËCH	3
2.1.2. LE TORRENT DE LA BEOUX	4
2.1.3. LE TORRENT DE MARAIZE	4
2.2. FONCTIONNEMENT DYNAMIQUE	4
2.2.1. GENERALITES	4
2.2.2. LE PETIT BUËCH	6
2.2.3. LE TORRENT DE LA BEOUX	7
2.2.4. LE TORRENT DE MARAIZE	8
2.3. SOURCES DE PERTURBATIONS DU FONCTIONNEMENT DYNAMIQUE.	8
2.4. VARIABILITE DES PHENOMENES.....	9
3. ESTIMATION DU TRANSPORT SOLIDE	11
3.1. PRINCIPE GENERAL.....	11
3.2. COURBE DES DEBITS CLASSES SUR LE BASSIN VERSANT	11
3.3. PROFILS EN LONG DE REFERENCE	12
3.4. GRANULOMETRIE	13
3.5. QUANTIFICATION DU VOLUME SOLIDE.....	13
3.5.1. RESULTATS BRUTS.....	13
3.5.2. APPORTS DES AFFLUENTS.....	14
3.5.3. CONCLUSIONS	17
4. PERTURBATIONS ET EXTRACTIONS	18
4.1. ENDIGUEMENTS	18
4.2. EXTRACTIONS EN LIT MINEUR.....	19
4.3. CONCLUSIONS	21
5. DIAGNOSTIC ET GESTION PAR SECTEUR PETIT BUËCH.....	22
5.1. SYNTHESE.....	22
5.2. DANS LES GORGES	22
5.3. DE LA SORTIE DES GORGES AUX ENDIGUEMENTS DE LA ROCHE DES ARNAUDS	23
5.3.1. DESCRIPTION DU TRONÇON.....	23

5.3.2.	ENJEUX	23
5.3.3.	EVOLUTION DU LIT	23
5.3.4.	MODE DE GESTION ET INTERVENTION A PREVOIR	24
5.4.	ENDIGUEMENTS DE LA ROCHE DES ARNAUDS	24
5.4.1.	DESCRIPTION DU TRONÇON	24
5.4.2.	ENJEUX	25
5.4.3.	EVOLUTION DU LIT	25
5.4.4.	MODE DE GESTION ET INTERVENTION A PREVOIR	26
5.5.	DU TORRENT DU MOULIN AU PONT DE VILLARD	26
5.5.1.	DESCRIPTION DU TRONÇON	26
5.5.2.	ENJEUX	27
5.5.3.	EVOLUTION DU LIT	27
5.5.4.	MODE DE GESTION ET INTERVENTION A PREVOIR	28
5.6.	DU PONT DE VILLARD A LA CONFLUENCE AVEC LA BEOUX	28
5.6.1.	DESCRIPTION DU TRONÇON	28
5.6.2.	ENJEUX	29
5.6.3.	EVOLUTION DU LIT	29
5.6.4.	MODE DE GESTION ET INTERVENTION A PREVOIR	29
5.7.	DU TORRENT DE LA BEOUX A L'AVAL DU CAMPING D'OZE	30
5.7.1.	DESCRIPTION DU TRONÇON	30
5.7.2.	ENJEUX	31
5.7.3.	EVOLUTION DU LIT	31
5.7.4.	MODE DE GESTION A PREVOIR	31
5.8.	DEPUIS L'AVAL DU CAMPING D'OZE JUSQU'AU PONT DE CHABESTAN	32
5.8.1.	DESCRIPTION DU TRONÇON	32
5.8.2.	ENJEUX	33
5.8.3.	EVOLUTION DU LIT	33
5.8.4.	MODE DE GESTION A PREVOIR	33
5.9.	DU PONT DE CHABESTAN A LA CONFLUENCE AVEC LE GRAND BUËCH	34
5.9.1.	DESCRIPTION DU TRONÇON	34
5.9.2.	ENJEUX	34
5.9.3.	EVOLUTION DU LIT	34
5.9.4.	MODE DE GESTION A PREVOIR	35
5.10.	CONCLUSIONS	35
5.10.1.	REPRESENTATION GRAPHIQUE DE L'EVOLUTION DU LIT	35
5.10.2.	RECAPITULATIF DES PROPOSITIONS	37
6.	DIAGNOSTIC ET GESTION PAR SECTEUR TORRENT DE LA BEOUX	38
6.1.	SYNTHESE	38
6.2.	AMONT DU PONT DE LA RD 937	38
6.3.	DEPUIS LE PONT DE LA RD 937 JUSQU'AU DEFILE DE POTRACHON	39
6.3.1.	DESCRIPTION DU TRONÇON	39
6.3.2.	ENJEUX	39
6.3.3.	EVOLUTION DU LIT	39
6.3.4.	MODE DE GESTION A PREVOIR	40
6.4.	DU DEFILE DE POTRACHON JUSQU'AU PONT DES BAS ETROITS	40
6.4.1.	DESCRIPTION DU TRONÇON	40
6.4.2.	ENJEUX	41
6.4.3.	EVOLUTION DU LIT	41

6.4.4.	MODE DE GESTION A PREVOIR	41
6.5.	DU PONT DES BAS ETROITS A LA CONFLUENCE AVEC LE PETIT BUËCH	41
6.5.1.	DESCRIPTION DU TRONÇON	41
6.5.2.	ENJEUX	42
6.5.3.	EVOLUTION DU LIT	42
6.5.4.	MODE DE GESTION A PREVOIR	42
6.6.	REPRESENTATION DE L'EVOLUTION DU COURS D'EAU	43
6.6.1.	EVOLUTION DU LIT	43
6.6.2.	EVOLUTION DU TRANSIT SEDIMENTAIRE	43
6.6.3.	RECAPITULATIF DES PROPOSITIONS.....	46
7.	DIAGNOSTIC ET GESTION PAR SECTEUR TORRENT DE MARAIZE.....	47
7.1.	SYNTHESE.....	47
7.2.	DEPUIS LE VILLAGE DU SAIX JUSQU'AU PONT DE LA RD 48.....	48
7.2.1.	DESCRIPTION DU TRONÇON.....	48
7.2.2.	ENJEUX	48
7.2.3.	EVOLUTION DU LIT	48
7.2.4.	MODE DE GESTION A PREVOIR	49
7.3.	DU PONT DE LA RD 48 A LA CONFLUENCE AVEC LE PETIT BUËCH... 49	49
7.3.1.	DESCRIPTION DU TRONÇON.....	49
7.3.2.	ENJEUX	50
7.3.3.	EVOLUTION DU LIT	51
7.3.4.	MODE DE GESTION A PREVOIR	51
7.4.	REPRESENTATION GRAPHIQUE DE L'EVOLUTION DU LIT ET DU TRANSIT SEDIMENTAIRE	51
7.4.1.	EVOLUTION DU LIT	52
7.4.2.	EVOLUTION DU TRANSIT SEDIMENTAIRE	52
7.4.3.	RECAPITULATIF DES PROPOSITIONS.....	55
	BIBLIOGRAPHIE.....	56
	ANNEXE 1 PLAN DE SITUATION	57
	ANNEXE 2 COURBES DES DEBITS CLASSES SUR LE BUËCH.....	58
	ANNEXE 3 PROFIL EN LONG DU PETIT BUËCH	59
	ANNEXE 4 PROFIL EN LONG DU TORRENT DE LA BEOUX	60
	ANNEXE 5 PROFIL EN LONG DU TORRENT DE MARAIZE.....	61
	ANNEXE 6 PLANCHES MORPHOLOGIQUES	62
	ANNEXE 7 LOCALISATION DES SITES D'EXTRACTIONS EN COURS.....	63
	ANNEXE 8 LOCALISATION DU SITE D'EXTRACTIONS POTENTIEL SUR LE TORRENT DE LA BEOUX.....	64

OBJET DE L'ETUDE

Le Petit Buëch est une rivière torrentielle de moyenne montagne qui transporte une quantité importante de matériaux. De nombreuses extractions de matériaux ont été réalisées sur cette rivière et quelques-uns de ses affluents, certaines sont encore en vigueur sur le Petit Buëch et de nouvelles demandes d'extraction sont déposées, notamment sur le torrent de Béoux et le torrent de Maraize.

La réglementation en matière d'exploitation de carrière ne permet d'extraire les matériaux du lit mineur des rivières qu'à des fins hydrauliques, notamment pour lutter contre les inondations dans les secteurs où le caractère indispensable de ces opérations aura été démontré.

Le SDAGE Rhône Méditerranée Corse approuvé le 20 décembre 1996 préconisait de réaliser des études de transport solide. Dans ce cadre, la Direction Départementale de l'Équipement des Hautes Alpes nous a demandé sur la base d'une analyse du fonctionnement morphodynamique des rivières, d'établir un diagnostic et de proposer des scénarios de gestion des matériaux.

La connaissance du fonctionnement dynamique du Petit Buëch, du torrent de la Béoux et de Maraize va permettre d'élaborer des propositions de gestion des matériaux qui mettront en œuvre des prescriptions concrètes suivant les évolutions du lit de ces cours d'eau.

Cette présente étude de transport solide prend en compte l'ensemble du bassin versant du Petit Buëch, les cours d'eau faisant l'objet d'une analyse plus précise sont :

- Le Petit Buëch depuis les gorges jusqu'à sa confluence avec le Grand Buëch,
- Le torrent de la Béoux depuis le pont de la RD 937 jusqu'à sa confluence avec le Petit Buëch,
- Le torrent de Maraize depuis l'aval du village du Saix jusqu'à sa confluence avec le Petit Buëch.

Cette étude fait suite à l'étude du transport solide sur le Buëch Aval réalisée en octobre 2001.

Avertissement : cette étude débutée en décembre 2001 ne prend pas en compte les événements survenus lors de la crue du 16 novembre 2002.

oOo

1. METHODOLOGIE

1.1. RECUEIL DE DONNEES

La réalisation de cette étude a débuté par un recueil de données existantes utilisées tout au long de notre analyse :

- Carte géologique du BRGM au 1/50 000^{ème},
- Carte au 1/25000^{ème} de l'IGN,
- Les études réalisées sur le bassin versant (cf. § Bibliographie),
- Les mesures de débits journaliers auprès de la Banque Hydro,
- Les profils en long anciens de l'IGN (1908) et récents (2001) relevés sur le Petit Buëch, la Béoux et le torrent de Maraize. Sur la Béoux, un profil en long de 1986 a été retrouvé¹.

Pour compléter toutes ces données, des réunions avec les communes du bassin versant et les acteurs (carriers, organismes d'état...) ont permis de rassembler des informations précieuses sur les cours d'eau (historique des aménagements et des extractions, évolution du lit, préoccupations, projets...).

Par ailleurs, des visites de terrain ont été menées sur tout le linéaire des cours d'eau étudiés afin d'apprécier la morphologie des torrents et leur rôle dans le fonctionnement morphodynamique du Petit Buëch, de relever les caractéristiques des rivières et des matériaux charriés (divagation latérale, granulométrie, enjeux divers, évolution notable du lit...).

1.2. METHODOLOGIE

Dans un premier temps, le fonctionnement dynamique de la rivière est analysé dans son état dit « naturel » (sans aucun aménagement humain), puis le volume solide transporté annuellement sur chaque tronçon est estimé en prenant en compte toutes les observations de terrain et les résultats des modélisations de transport solide menées sur le logiciel Cavalcad. Les simulations donnent des tendances d'évolution du profil en long de la rivière, un modèle a été construit pour les trois torrents analysés dans cette étude.

¹ DDE des Hautes Alpes, torrent de la Béoux-étude hydraulique de la déviation du CD 937 dans le lit majeur, SOGREAH, juillet 1986.

Les impacts des différents aménagements sur le fonctionnement dynamique des rivières sont ensuite étudiés puis les tendances d'évolutions ultérieures des profils en long des rivières sont estimées.

A la suite de ces différentes analyses, des propositions d'actions et de gestions des matériaux de la rivière sont exposées en croisant les aspects suivants :

- Les enjeux existants sur le bassin versant : enjeux humains, nappes, milieu naturel,
- Les besoins d'entretien des cours d'eau,
- Le respect de l'équilibre morphodynamique des cours d'eau.

Les propositions de gestion des matériaux sont accompagnées d'un descriptif des tendances d'évolution du profil en long des cours d'eau et leurs conséquences.

oOo

2.

FONCTIONNEMENT DYNAMIQUE DES RIVIERES

2.1. DESCRIPTION GENERALE

2.1.1. LE PETIT BUËCH

La rivière du Petit Buëch se situe au Sud du massif du Dévoluy dont elle draine les versants. Sur les versants rive gauche, les affluents drainent la partie Nord de la montagne d'Aujourd'hui ainsi que le massif de Céüse. Le point culminant est le Pic de Bure (2709 m), sommet du massif du Dévoluy.

Le bassin versant du Petit Buëch, d'une superficie d'environ 400 km² est composé de nombreux affluents. D'amont vers l'aval :

- Le ruisseau du Nacier qui draine le marais de Manteyer, rejoint en amont de la confluence avec le Petit Buëch, par le torrent du Rif de la Ville productif en matériaux,
- Le torrent du Moulin qui descend de la montagne de Céüse, également productif en matériaux,
- Le torrent du Rif de l'Arc dont le cône de déjection impressionnant se termine dans un marais. Bien qu'il ait repoussé le Petit Buëch en rive gauche, il ne fournit plus de matériaux.
- La Sigouste provenant du massif du Dévoluy, productive en matériaux,
- Le torrent de la Béoux, affluent important et principal fournisseur de matériaux au Petit Buëch, drainant les versants du massif du Dévoluy,
- Le torrent du Drouzet et le torrent de Maraize.

En amont de la Roche des Arnauds, le Petit Buëch coule dans des gorges encaissées de formation calcaire et marno-calcaire, sa pente est alors supérieure à 2 %. A l'aval de la cluse de Rabou, le Petit Buëch s'oriente vers l'Ouest, et la pente d'écoulement diminue (de l'ordre de 1,6 %).

Entre la Roche des Arnauds et Veynes, les cônes de déjection des affluents rive droite, qui représentent des apports de matériaux importants, ont repoussé le lit du Petit Buëch sur le versant opposé. Les affluents rive gauche ont une activité moindre quoique non négligeable.

A l'aval de la plaine de Montmaur, la rivière traverse le pays des terres noires et conflue avec le Grand Buëch en amont de la cluse de Serres. La traversée du pays des terres noires ainsi que les affluents qui en proviennent, ne produisent pas beaucoup de

matériaux charriables étant donnée la nature friable des terrains (marnes), excepté le torrent de Maraize, affluent rive gauche du Petit Buëch.

2.1.2. LE TORRENT DE LA BEOUX

La Béoux, affluent rive droite du Petit Buëch, draine un bassin versant d'une superficie de 62 km², situé dans le massif du Dévoluy. Ce torrent très actif est alimenté par les éboulis des versants occidentaux de la montagne d'Arouze, il est le principal fournisseur de matériaux du Petit Buëch.

Au droit du village de la Cluse, les torrents de Mouche Chat et de l'Abéou confluent pour donner le torrent de la Béoux. A l'aval, le torrent s'écoule dans une vallée encaissée avec un versant rive droite à priori très instable notamment en amont du pont de la RD937 (présence de murs de soutènement détériorés).

En amont du verrou rocheux de Potrachon, la Béoux est rejoint par le torrent du Rabioux descendant des versants Sud de la Tête de la Cluse. Il est alimenté par les éboulis composés de gros blocs et présente une activité dynamique très importante mais irrégulière. Son cône de déjection a repoussé la Béoux en rive droite contre le rocher. A l'aval de ce verrou rocheux que représente le défilé de Potrachon, la Béoux s'écoule dans une vallée beaucoup plus large sur une pente d'écoulement de 2,27 %.

Il rejoint le Petit Buëch en aval de la plaine de Montmaur.

2.1.3. LE TORRENT DE MARAIZE

Le torrent de Maraize draine un bassin versant d'une superficie d'environ 67 km². Il reçoit le torrent de Poutelier en aval immédiat du village du Saix.

En amont de cette confluence, le Maraize s'apparente à un torrent montagnard : pente d'écoulement assez forte, vallée très encaissée. En aval de la confluence avec le torrent de Poutelier, la pente d'écoulement du Maraize diminue et le lit devient large et très riche en alluvions. Ce faciès d'écoulement est alterné avec des rétrécissements naturels ou artificiels de la section d'écoulement : quelques ponts franchissent le Maraize, au droit de la ferme Villard il existe un seuil marneux et le torrent s'écoule entre de hautes terrasses. En aval du pont de la RD 148, le lit est peu large et encaissé entre des terrasses.

2.2. FONCTIONNEMENT DYNAMIQUE

2.2.1. GENERALITES

Dans un premier temps, le fonctionnement dynamique des rivières est analysé suivant un état de référence dénommé abusivement « état naturel ». Il correspond au fonctionnement physique du cours d'eau avant les perturbations principales dues aux aménagements hydrauliques et interventions dans le lit mineur et majeur.

Le Petit Buëch, le Maraize et la Béoux sont des rivières à caractère torrentiel de part la soudaineté et la rapidité de leurs crues, la quantité importante de matériaux transportés et

la succession des différents faciès morphologiques. Dans leur partie amont, ces cours d'eau peuvent être considérés comme des torrents de montagne : le Petit Buëch en amont de la cluse du Rabou, la Béoux en amont du village de la Cluse et le Maraize, dans une moindre mesure en amont du village du Saix.

Chacune de ces rivières présente une succession de tronçons à lit divagant et de verrous rocheux :

- Lit en tresses : le lit vif est très large (100 m à 200 m par endroit) et très riche en alluvions. La capacité de transport solide de la rivière est saturée en période de crue et un phénomène de reprise et de dépôt s'effectue suivant l'intensité des débits liquides. La respiration du lit peut être importante suivant les apports de matériaux des affluents et la variabilité des années hydrologiques, mais la cote du lit reste en moyenne stable (équilibre atteint).
- Lit unique à méandres : le torrent s'écoule suivant un seul bras entre des terrasses hautes ou bien entre des bancs d'alluvions importants. Il peut être mobile, c'est-à-dire avoir la possibilité de modifier son tracé en plan dans les bancs d'alluvions, ou bien peu mobile, c'est-à-dire s'écouler entre deux versants abrupts.
- Verrou rocheux : le verrou rocheux est un point dur géologique qui fixe le niveau du lit. Les gorges rocheuses sont des tronçons dans lesquels il n'y a pas d'interaction entre le lit et le transit des graviers : tous les matériaux entrant transitent dans la section sans phénomène de dépôt et de reprise.
- Lit pavé : le phénomène de pavage du lit peut se rencontrer sur des tronçons où le transit de matériaux a été ou est perturbé (naturellement ou artificiellement). Les éléments fins ont été lessivés par les crues successives, les blocs de tailles importantes sont restés et ont pavé le lit. Ce type de lit mineur peut être stable à long terme si aucun phénomène d'érosion régressive ou progressive ne vient le « casser ».

D'une façon générale, à l'état naturel (sans perturbation humaine) toutes les rivières considérées dans cette étude sont supposées avoir atteint leur état d'équilibre : en effet, à l'échelle humaine aucune variation significative du lit du torrent en altitude (supérieure à 1 m) n'a été détectée.

Une rivière à l'état d'équilibre signifie que chaque tronçon de rivière présentant un faciès particulier a ajusté sa pente et effectué un tri granulométrique, en fonction du cycle annuel de débit liquide, afin de pouvoir transiter les matériaux provenant du tronçon amont, et atteindre ainsi un profil en long d'équilibre. On dit alors que la capacité de transport solide du tronçon (qui est fonction de la pente, de la granulométrie des matériaux et du débit liquide) est en équilibre avec les caractéristiques du lit. La perturbation de la pente d'écoulement ou, dans certaines proportions, des débits liquides sur une échelle de temps importante, entraîne un déséquilibre global du profil en long.

Les phénomènes de respiration d'une rivière torrentielle peuvent parfois être spectaculaires et donner lieu à des inondations assez graves. C'est par exemple le cas des torrents provenant du massif du Dévoluy qui durant le XVIII^{ème} ont connu une activité torrentielle importante, ce qui a considérablement influencé la morphodynamique du Petit Buëch². En amont des confluences, la pente du Petit Buëch a diminué et les bouchons temporaires des matériaux ont provoqué des inondations. Ces matériaux apportés par les différents torrents sont ensuite repris par le Petit Buëch plus ou moins rapidement suivant

² Recherches sur la morphologie et la dynamique fluviales dans le bassin versant du Buëch, thèse d'Emanuèle GAUTIER, janvier 1992.

l'activité hydrologique de la rivière. Ces phénomènes de respiration du lit n'indiquent pas un déséquilibre de l'activité dynamique du torrent dont l'échelle de fonctionnement (un ou plusieurs siècles) n'est pas la même que l'échelle de perception humaine.

Par ailleurs, cette stabilité à l'échelle humaine ne prouve pas l'absence d'évolution du lit sur une échelle de temps plus importante (sur plusieurs siècles). Le style morphologique (écoulement en tresses sur un lit riche en alluvions) permet de supposer que la vallée du Petit Buëch devait s'exhausser lentement, au moins dans la partie amont du bassin versant (épaisseur d'alluvions importante au droit de la Roche des Arnauds et au droit de la confluence Nacier-Torrent du Moulin). Ce phénomène d'exhaussement ne peut pas être perceptible sur une échelle de temps humaine.

2.2.2. LE PETIT BUËCH

A l'aval du verrou rocheux que constituent les gorges dans la partie amont du bassin versant, la pente du Petit Buëch diminue et favorise le développement d'un faciès de lit en tresses. Il est ensuite alimenté par les torrents actifs provenant du massif du Dévoluy et du massif de Céüse, et son parcours devient plus étroit et contraint par les cônes de déjection des torrents du Rif de l'Arc, de la Sigouste et de la Béoux qui ont repoussé la rivière sur la rive gauche :

- Le torrent du Rif de l'Arc présente un cône de déjection important (pente d'environ 5 %) qui se termine dans un marais. Bien qu'ayant eu une influence non négligeable sur le Petit Buëch, il n'apporte plus de matériaux à la rivière principale.
- Le torrent de la Sigouste, qui traverse des zones d'alluvions fluviatiles et de poudingue (galets cimentés) apporte des matériaux de taille importante. Son cône de déjection d'une pente de l'ordre de 4 % s'avance dans la vallée du Petit Buëch. A la confluence, le Petit Buëch entaille ce cône de déjection, le phénomène de reprise des matériaux s'effectue.
- Le torrent de la Béoux alimentée par les éboulis du massif du Dévoluy, présente une confluence différente des deux autres : elle traverse la partie la plus large de la plaine de Montmaur et la pente plus faible (environ 2 %) permet à la Béoux de déposer ses alluvions progressivement. Elle exerce alors une contrainte moins forte sur la rivière principale (cf. thèse d'Emanuèle GAUTIER).

Le torrent du Drouzet d'activité de moindre importance apporte quelques matériaux au Petit Buëch, issus d'un bassin versant composé de quelques éboulis mais prédominé par la présence de marnes noires.

A l'aval du Drouzet, les torrents affluents moins actifs en proportion n'ont pas une influence notable sur le Petit Buëch. Les marnes affleurantes dans ces bassins versants (torrents de Glaisette et de Chateaufieux) n'apportent pas de matériaux grossiers : la marne est un matériau friable dont les éléments de granulométrie faible, se transforment en éléments fins et ne participent pas à la morphodynamique du Petit Buëch. On peut donc supposer que la plaine de Veynes, avant aménagement devait être une zone de dépôt-reprise des matériaux (tronçon en équilibre) et présenter un faciès de lit en tresses. Sans contrainte majeure de la part de ses affluents, le Petit Buëch s'élargit dans la vallée, son développement en tresses est notable.

Les apports de matériaux n'existant pas à l'aval de Veynes, la recharge sédimentaire est en partie assurée par la reprise des terrasses fluvio-glaciaires qui fournissent des

éléments de gros calibre (exemple de la terrasse au pont de Chabestan). Etant donné l'absence d'apport latéral, la pente du Petit Buëch s'adoucit pour faire transiter les matériaux du tronçon amont et atteindre un équilibre dynamique.

En amont de la confluence avec le Grand Buëch, le Petit Buëch reçoit le torrent de Maraize en rive gauche où la vallée s'élargit entre les hautes terrasses fluviales. Les matériaux apportés par le Maraize sont repris par le Petit Buëch.

2.2.3. LE TORRENT DE LA BÉOUX

Le bassin versant du torrent de la Béoux est situé dans le massif du Dévoluy sur le versant Ouest du Plateau de Bure. En amont du village de la Cluse, deux torrents l'alimentent : le torrent de Mouche Chat et le torrent de l'Abéou, fournisseur de matériaux de gros gabarits provenant des éboulis de la Tête de Plainie, du Merlant et des Ormans.

A l'aval du village de la Cluse, le lit du torrent est pavé par des blocs de diamètre important. Les versants sont très instables : on note la déformation des murs de soutènement en amont du pont de la RD 937, le torrent continue à être alimenté en matériaux de gabarit important.

A l'aval du pont de la RD 937, le lit du torrent s'élargit progressivement, il s'écoule dans une vallée étroite et encaissée, la RD 937 le longe en rive droite. Le lit vif est alors très riche en matériaux et semble être en équilibre dynamique (phénomène de reprise et de dépôt des bancs d'alluvions), les matériaux ont une granulométrie élevée.

A l'aval de ce tronçon rectiligne de 2,5 km, il reçoit le torrent de Rabioux en rive gauche qui présente un apport de matériaux très important de granulométrie hétérogène (éboulis). La présence de ce torrent entraîne, lorsqu'il fonctionne, la formation d'un bouchon de matériaux que la Béoux remobilise progressivement : le cône de déjection du Rabioux est entaillé sur plus de 10 m de hauteur par la Béoux, sa capacité à reprendre les matériaux de son affluent est donc indubitable. Par contre, la présence des matériaux dans le lit de la Béoux va modifier momentanément sa pente d'écoulement et un exhaussement temporaire pourra se former en amont, durant le temps nécessaire à la rivière de reprendre ces matériaux et d'atteindre sa pente d'équilibre. Ce mécanisme très visible sur le terrain s'appelle le phénomène de respiration (cf. § 2.2.1).

Immédiatement à l'aval, le verrou rocheux du défilé de Potrachon resserre la vallée. Le rocher n'est pas visible et le lit est très riche en alluvions.

A l'aval du pont de Potrachon, la vallée de la Béoux s'élargit pour atteindre une largeur de 250 m par endroit. Le lit est très riche en alluvions et semble être en équilibre morphodynamique, un tri granulométrique s'effectue : les gros blocs sont déposés dans la partie amont, ce qui implique un adoucissement de la pente (3,75 % à 2,7 %).

Le torrent rencontre un autre verrou rocheux au droit du pont des Bas Etroits. A l'aval de ce pont, la Béoux rentre dans la plaine de Montmaur et la pente s'adoucit jusqu'à la confluence avec le Petit Buëch. Son cône de déjection exerce une moindre contrainte sur le Petit Buëch que les affluents amont (Sigouste, Rif de l'Arc).

2.2.4. LE TORRENT DE MARAIZE

Le torrent de Maraize provient des versants Nord de la montagne d'Aujourd et conflue avec le torrent de Poutelier en aval immédiat du village du Saix. Les matériaux charriés par le Maraize proviennent essentiellement de ses bassins versants amont :

- Le bassin versant du torrent de Poutelier est composé de calcaires marneux, de calcaires gris alternés de marnes, d'éboulis et de terres noires.
- Le bassin du torrent de Maraize en amont du Saix est dominé par la présence d'éboulis anciens, de calcaires clairs et de calcaires marneux.

La production en matériaux calcaires est assurée par la partie amont. En effet, en aval de cette confluence, le bassin versant du Maraize est dominé par la présence de terres noires avec quelques sites d'éboulis et de calcaires marneux. Ses affluents ne fournissent pas de matériaux étant donnée la nature friable des marnes.

En amont du pont de la RD 48, le lit présente un faciès d'écoulement assez large, contraint par endroit par des langues de terres noires, notamment au droit de la ferme Villard où l'on note la présence d'un seuil marneux.

En aval du pont de la RD 48, la largeur d'écoulement est très faible, une vingtaine de mètres, les berges sont occupées par de hautes terrasses.

2.3. SOURCES DE PERTURBATIONS DU FONCTIONNEMENT DYNAMIQUE

Sur le bassin versant du Petit Buëch, les principales sources de perturbations de l'équilibre dynamique ont été les suivantes :

- Les endiguements étroits, engagés pour la plupart au 18^{ème} siècle³, dont la perturbation sur l'équilibre du cours d'eau reste locale : un basculement de la pente du lit s'effectue en raison de la contrainte des écoulements qui entraîne une augmentation de la capacité de transport solide. Le fond du lit peut alors se paver de blocs importants par un lessivage des éléments plus fins. Ce pavage peut assurer une certaine stabilité du profil en long mais reste très fragile à toute perturbation. En amont des secteurs endigués, des exhaussements temporaires peuvent être observés en raison du remous solide qu'entraîne la contraction importante de la section d'écoulement. Ces engravements locaux et temporaires sont ensuite repris progressivement par la rivière suivant son activité hydrologique. Tous les matériaux entrant dans ce tronçon en ressortent (capacité de transport saturée) et se déposent en aval en général en raison d'une rupture de pente et d'un élargissement brusque du lit.
- Les seuils en lit mineur, si leur cote de calage est supérieure à celle de l'état naturel, peuvent engendrer un phénomène d'engravement du lit dans le tronçon amont : le torrent tend vers sa pente d'équilibre avec les mêmes conditions de débits, de volume solide à transporter mais avec une cote aval plus haute.
- Les extractions autorisées en lit mineur qui suivant le volume extrait par rapport aux volumes solides effectivement transportés par la rivière, perturbent le profil en long du

³ Laboratoire de Géographie Physique CNRS Meudon, Thèse " Recherches de la morphologie et la dynamique fluviales dans le bassin du Buëch " de Emmanuèle GAUTIER, janvier 1992.

cours d'eau et donc les mécanismes de transport solide : déséquilibre de la morphodynamique de la rivière.

- Les rétrécissements artificiels du lit par la mise en place d'un pont étroit, qui entraîne, lors des crues, une forte respiration du lit en amont.

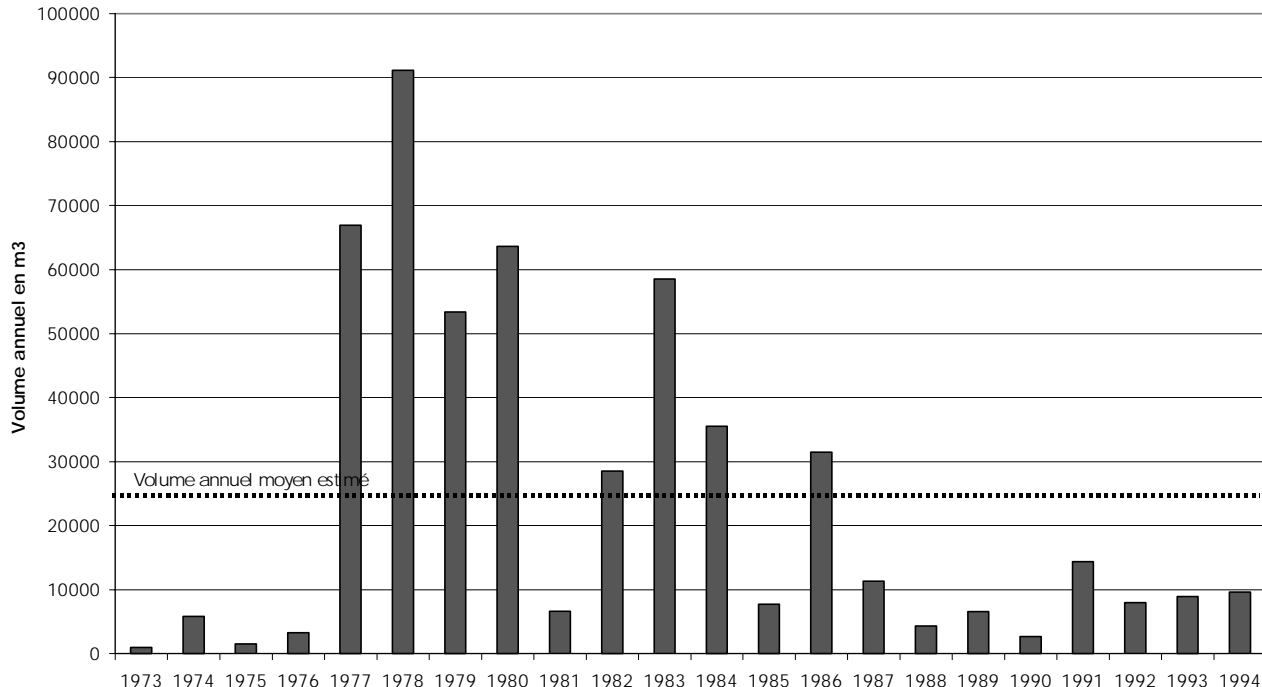
L'ampleur des interventions humaines ainsi que leur effet sur l'évolution du lit du Petit Buëch, de la Béoux et du Maraize seront détaillés dans le chapitre 4.

2.4. VARIABILITE DES PHENOMENES

L'intensité du charriage des matériaux dépend des caractéristiques du tronçon de rivière mais surtout des débits liquides. Le déplacement des matériaux se fait à partir d'une certaine valeur de débit appelée « débit de début d'entraînement ».

L'intensité des crues d'une année sur l'autre est différente et la dynamique de la rivière dépend de cet apport liquide. Cette variabilité des débits dans le temps implique donc une activité morphologique différente d'une année sur l'autre, essentiellement sur les lits non pavés. Cette variabilité est illustrée par un exemple concret sur le Petit Buëch à la station limnimétrique de Veynes (les années hydrologiques sont enregistrées de septembre à août) :

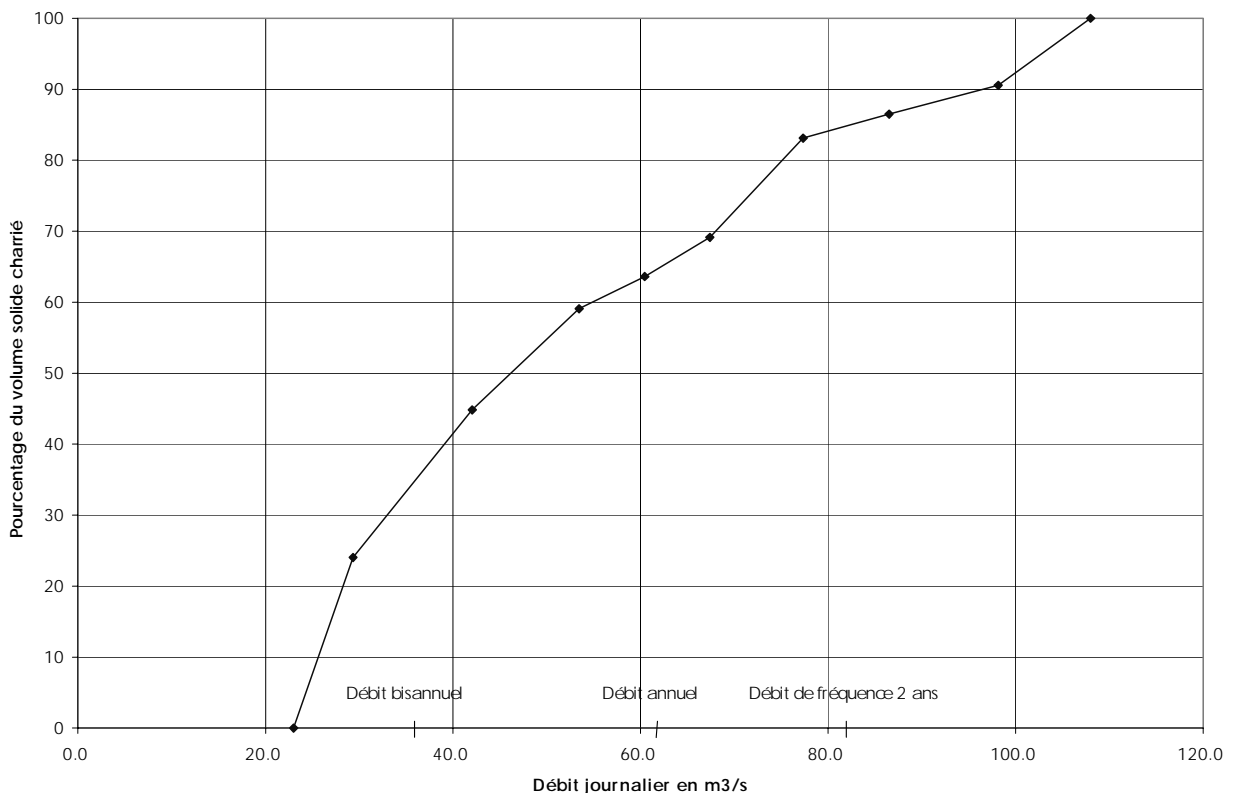
ESTIMATION DU VOLUME ANNUEL DU PETIT BUECH A VEYNES



On notera la variabilité des apports solides suivant les années hydrologiques, autour de la valeur du volume moyen annuel estimée dans les chapitres suivants (cf. § 3).

Par ailleurs, les crues dites ordinaires (d'une fréquence annuelle) sont les plus efficaces en terme de volumes de graviers transportés. Ce sont donc elles qui façonnent dans le détail la morphologie du lit mineur. Les crues exceptionnelles sont capables en revanche de bouleverser le faciès du lit mineur (basculement du lit vif, arrachage de végétation, formation d'anse d'érosion...). Sur le graphique suivant figure le pourcentage du volume annuel transporté suivant le débit journalier à Veynes : il apparaît que ce sont les crues inférieures à la fréquence annuelle qui participe à plus de 60 % au transport solide total sur une année. Par ailleurs, leur fréquence d'apparition est telle qu'elles sont morphologiquement plus actives que les crues de fréquence rare.

VOLUME CHARRIES EN FONCTION DES DEBITS LIQUIDES A VEYNES



Ce mécanisme de variabilité des crues ainsi que les apports irréguliers des torrents affluents actifs ou des versants en éboulement, impliquent une adaptation locale de la pente de la rivière pour conserver sa capacité de transport solide, donc des exhaussements ou des abaissements temporaires locaux du lit mineur. Ce phénomène est appelé respiration du lit mineur, il se rencontre souvent au droit des confluences avec les torrents.

oOo

3.

ESTIMATION DU TRANSPORT SOLIDE

3.1. PRINCIPE GENERAL

Dans ce chapitre, les volumes solides annuels charriés par le Petit Buëch, la Béoux et la Maraize vont être quantifiés au moyen de résultats théoriques validés par des observations de terrain. Le transport des matières en suspension n'est pas pris en compte dans cette analyse car il ne participe pas à la dynamique fluviale et à l'équilibre du profil en long d'un torrent.

La quantification de ces volumes solides charriés se fait dans un premier temps sur un fonctionnement 'naturel' de la rivière, c'est-à-dire sans tenir compte des perturbations liées aux aménagements hydrauliques. Le lit de la rivière est supposé en équilibre.

Le débit solide est obtenu par une formulation établie par Philippe Lefort (SOGREAH, 1990) qui fournit le débit solide en fonction du débit liquide, de la pente et de la granulométrie. Cette formule a été validée à partir de mesures réalisées sur modèle réduit physique. Cette valeur représente en fait la capacité de transport solide d'une rivière et non le transport réel. Cependant, sur des tronçons à lit mobile stable à l'échelle humaine, on peut admettre que le transit réel est égal à la capacité de transport.

Les paramètres nécessaires à l'évaluation du débit solide sont les suivants :

- la pente naturelle de la rivière d'un tronçon en équilibre qui est relevée sur les profils en long de l'IGN établis au début du XX^{ème} siècle et ajustés suivant les aménagements connus et antérieurs à la date d'établissement des profils en long (endiguements),
- la granulométrie des matériaux transportés caractérisée par le diamètre moyen. Cette valeur se relève sur des bancs d'atterrissement en lit vif de la rivière suivant un protocole de mesures établi par le CEMAGREF. La valeur de ce paramètre dépend de la représentativité du banc choisi, de l'emplacement des matériaux (surface ou profondeur), ainsi que de l'état du matériau (en transit ou en place).
- le débit liquide : la courbe des débits classés obtenue à partir d'un échantillon de débits journaliers permet de caractériser la séquence moyenne des débits sur une année.

3.2. COURBE DES DEBITS CLASSES SUR LE BASSIN VERSANT

Sur le bassin versant du Petit Buëch, il a existé quatre stations de mesures des débits à partir desquelles une courbe des débits classés a été réalisée : le Petit Buëch à Veynes

(1972-1994), le Petit Buëch à La Bâtie Montsaléon (1971-1978), le torrent de Sigouste (1980-1986) et le torrent de Maraize (1968-1978). Actuellement, aucune mesure de débit n'est réalisée sur le bassin versant du Petit Buëch, excepté une station à Veynes destinée exclusivement au système d'annonce de crue.

Les courbes des débits classés disponibles en annexe 2 ont été effectuées à partir d'un ajustement des débits journaliers mesurés à chaque station. L'échantillon extrait à la station de mesure de la Sigouste est peu fourni et la courbe présente des anomalies notamment dans la gamme élevée des fréquences de non-dépassement. Afin d'obtenir des valeurs homogènes à l'ensemble du bassin versant, la courbe a été ajustée sur les trois autres stations de mesures où les échantillons sont assez bien fournis.

Afin d'obtenir des débits en tout point du bassin versant, on extrapole les données issues des stations de mesures : le débit journalier est proportionnel à la surface du bassin versant considéré.

3.3. PROFILS EN LONG DE REFERENCE

Le profil en long de 1908 et celui établi en 2001 à partir de photographies aériennes ont été reportés sur les graphiques disponibles en annexes 3, 4 et 5. Des relevés effectués en plusieurs endroits en 1997 pour la réalisation d'un dossier de demande d'extractions, ont également été reportés.

Le profil en long de référence de chaque rivière étudiée est basé sur une analyse des profils en long disponibles croisée avec la réalité morphodynamique de la vallée et la connaissance de l'historique des interventions humaines (extractions, endiguements) existants en 1908. Ce profil en long de référence est la représentation de la rivière avant tout aménagement humain pour un fonctionnement dynamique équilibré. Il est indispensable pour la détermination du volume solide de référence sur les tronçons de chaque rivière.

Les caractéristiques principales du profil en long de référence sont les suivantes :

- **Petit Buëch** : à la sortie des gorges la pente de référence du Petit Buëch s'adoucit et le lit s'élargit (1,5 %). Les apports de matériaux des affluents rive gauche (Sigouste, Béoux) engendrent une diminution de cette pente en amont des cônes de déjection (0,95 %). En aval de la Béoux, la pente du lit s'est ajustée et a augmenté légèrement de façon à remobiliser les apports des affluents (0,98 %). A l'aval de Veynes, les apports sont inexistantes exceptés le torrent de Maraize, la pente diminue progressivement jusqu'à atteindre 0,83 %.
- **Torrent de Béoux** : depuis l'aval de La Cluse jusqu'au Rabioux, la pente d'écoulement est très forte (> 3,5 %). Les apports du Rabioux en amont immédiat de la cluse de Potrachon sont alors repris par la Béoux qui s'élargit de façon considérable en aval de ce défilé. Le tri granulométrique opéré par la rivière sur une largeur aussi importante engendre un adoucissement de la pente (2,7 %) jusqu'à la cluse des Bas Troits. Elle atteint 2,27 % dans la partie aval du cours d'eau.
- **Torrent de Maraize** : en aval de la confluence avec le torrent de Poutelier, la pente du torrent s'adoucit (1,55 %). En aval, les apports de matériaux étant pratiquement inexistantes, la pente d'écoulement s'abaisse doucement. Un seuil marneux au PK 4.6 influence la pente en amont. A l'aval de ce seuil, la pente est de l'ordre de 1,23 % puis s'abaisse à 0,95 % en amont de la confluence avec le Petit Buëch.

3.4. GRANULOMETRIE

La granulométrie des matériaux charriés sur un tronçon de cours d'eau est caractérisée par le diamètre moyen calculé à partir d'un échantillon mesuré sur le terrain. De plus, les observations de terrain permettent de comparer les granulométries des matériaux apportés par les différents affluents et de noter l'influence des apports sur la granulométrie du Petit Buëch.

Par exemple, les apports du torrent du Rabioux augmentent la granulométrie des matériaux de la Béoux de façon significative. Un tri granulométrique en aval du défilé de Potrachon conduit à un abaissement progressif de la pente. De la même façon les matériaux du torrent de la Béoux ont une granulométrie supérieure à ceux du Petit Buëch.

3.5. QUANTIFICATION DU VOLUME SOLIDE

3.5.1. RESULTATS BRUTS

Le volume solide annuel du Petit Buëch a été estimé lors de l'analyse globale du transport solide sur l'ensemble du bassin versant du Buëch⁴. Une valeur de 29 000 m³/an a pu être avancée.

Les résultats bruts de la méthodologie employée nous conduisent au tableau suivant :

Lieu	Superficie en km ²	Pente en %	Diamètre moyen en mm	Volume annuel en m ³	Volume spécifique en m ³ /km ²	Nbre de jours de charriage par an
Petit Buëch amont de la Roche des Arnauds	75	1,44	59	7 260	98	6
Petit Buëch Veynes	318	0,98	70	24 502	77	9
Petit Buëch La Bâtie Montsaléon	401	0,83	70	28 914	74	11
La Béoux confluence	63,4	2,27	87	7 535	119	4
Le Maraize confluence	66,8	0,95	45	4 268	64	7

L'augmentation de la granulométrie sur le Petit Buëch en aval de Veynes est due aux apports du torrent de la Béoux. La stabilité de la granulométrie entre Veynes et la confluence du Grand Buëch, alors qu'aucun apport de matériaux important n'est à noter sur ce tronçon, est due à l'érosion des terrasses anciennes sur ce parcours qui fournit des matériaux de très gros diamètre.

⁴ DDE des Hautes Alpes, étude du transport solide sur le Buëch Aval, SOGREAH, Octobre 2001.

Ces résultats doivent être confrontés aux observations de terrain (cf. paragraphes suivants) qui ont permis de comparer la nature et la quantité de matériaux apportés par les affluents du Petit Buëch et transportés sur chacun des tronçons de rivière.

Par ailleurs, la méthodologie employée et les calculs de transport solide en général restent très imprécis car ils sont très sensibles aux différents paramètres utilisés, notamment la granulométrie caractérisée par un diamètre moyen de grains parmi des bancs d'alluvions de taille hétérogène. Ce paramètre est déterminé à partir de mesures réalisées sur le terrain, le choix du banc d'alluvions représentatif de la capacité de transport solide de la section de rivière étudiée est déjà à l'origine de l'incertitude sur la valeur de ce diamètre moyen.

La pente est elle-même déduite de relevés topographiques, qui dans le cas de rivière torrentielle à fort méandrement, peuvent être une source d'erreur : précisions du relevé en lui-même, difficulté de mesurer le linéaire d'une rivière à lit en tresses et fluctuation locale de l'altitude des différents bras par rapport au profil moyen.

Le débit de début d'entraînement des matériaux est directement calculé à partir de ces paramètres, le volume annuel solide est donc très sensible à la valeur de ces caractéristiques, les marges d'incertitude sur les valeurs des volumes moyens charriés par section sont difficiles à évaluer. C'est pourquoi les résultats issus des différentes simulations seront à considérer comme des ordres de grandeur et non des valeurs absolues. Pour déterminer l'évolution du lit des rivières, des comparaisons entre les différents calculs sont réalisées, nous analysons donc des valeurs relatives qui indiquent des tendances d'évolution du lit.

L'analyse des profils en long et les observations de terrain ont permis d'estimer les réactions de la rivière aux diverses perturbations et les ordres de grandeurs des volumes annuels charriés estimés ci-dessus ont été confirmés.

3.5.2. APPORTS DES AFFLUENTS

Les affluents du Petit Buëch ont été peu étudiés jusqu'à présent et certains paramètres nous font défauts. Il est donc difficile de quantifier précisément leurs apports. Cependant, toujours dans une approche d'équilibre du transit amont-aval, il reste possible d'estimer ces valeurs avec une précision suffisante pour évaluer les ordres de grandeur des apports de chaque affluent.

L'approche consiste à répartir la production globale du bassin versant du Petit Buëch au prorata de la superficie des sous bassins versants du Buëch. Cependant, il est nécessaire de pondérer cette valeur en fonction de plusieurs facteurs :

- La géologie du terrain : le bassin versant du Petit Buëch est géologiquement divisé en deux entités distinctes : une entité plutôt calcaire dans la partie amont avec la présence notamment des éboulis du massif du Dévoluy et des montagnes de Céüse et dans la partie aval la présence de marnes de type « terres noires » dont les matériaux très friables sont rapidement réduits à l'état de sédiments et facilement transportés par suspension. Les volumes de matériaux des bassins versants occupés par des « terres noires » seront faibles. Sur la zone d'étude, les affluents en aval de Veynes (torrent de Glaisette...) présentent ce type de sol.
- La granulométrie : elle caractérise la taille des matériaux transportés par le cours d'eau. Cette donnée reste délicate à utiliser sur les petits torrents à forte pente qui

sont capables de transporter en fortes quantités mais très rarement. Par contre les observations de terrain nous indiquent la nature des apports des affluents : les matériaux apportés par la Béoux ont une granulométrie supérieure à celle du Petit Buëch, les matériaux du Nacier sont de plus petite taille.

- La situation du bassin versant : les secteurs situés en amont dans le bassin versant sont fortement soumis aux phénomènes d'érosions (pluviométrie, gel). Ainsi, le bassin versant du Petit Buëch en amont des gorges, une fois ramené à surface égale, est plus productif que les apports intermédiaires.
- L'alimentation effective du Petit Buëch : quelques affluents ou versants de montagne n'apportent aucun matériaux au Petit Buëch en raison de la configuration de l'arrivée des affluents dans la plaine : le torrent du Nacier conflue avec le Petit Buëch avec une pente très faible, les dépôts de matériaux se font donc avant la confluence, le torrent du Rif de l'Arc se perd dans un marais (très faible pente) et les matériaux n'alimentent plus le Petit Buëch.
- Les terrasses alluviales du Buëch : les larges terrasses alluviales du Buëch génèrent une baisse subite de la pente des affluents qui diminue leur capacité de transport des matériaux. Ainsi, ces affluents ne peuvent pas apporter leurs matériaux jusqu'à la confluence et déposent en limite de plaine alluviale (torrent de Châteaueux, Glaisette, Saint Marcellin).

D'autre part, la présence de marnes noires sur la partie aval du bassin versant implique que celui-ci n'est pas productif en matériaux de charriage confortant l'idée d'un débit spécifique solide comparativement faible par rapport à d'autre bassin versant (Haut Drac...).

La mise en cohérence nous conduit à proposer la répartition des apports solides sur le bassin versant du Buëch selon le tableau page suivante :

DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'EQUIPEMENT DES HAUTES ALPES
ETUDE DU TRANSPORT SOLIDE SUR LE PETIT BUËCH

Nom du Bassin versant	Surface (km ²)	Production (m ³ /an)	Nature des sols dominante	Observation	Coeff. Correctif	Production retenue (m ³ /an)
Petit Buech Roche des Arnauds	74.8	7810	Marno-calcaire et éboulis		1.4	8 000
Torrent du Nacier	14	313	Marno calcaire, alluvions et moraines anciennes	Apport faible	0.3	300
Torrent du Moulin	11.6	952	Calcaire blanc et éboulis		1.1	900
Torrent du Rif de l'Arc	8.6	0	Eboulis et calcaires	Pas d'apport au Petit Buëch	0	0
Torrent de Sigaud	5.75	257	Marnes et Lauzes silicieuse		0.6	200
Torrent de la Sigouste	18	2148	Poudingue et Lauzes		1.6	2 200
Versant RG La Roche-Béoux	10.4	465	Lauzes silicieuses et éboulis		0.6	500
Versant RD La Roche-Béoux	19.1	0		Pas d'apport au Petit Buëch	0	0
Torrent de la Béoux	63.5	7814	Eboulis et lauzes silicieuses	Apport important	1.65	8 000
Torrent du Drouzet	41.7	3421	Marno-calcaire		1.1	3 500
Torrent de Glaisette	10.2	228	Marnes bleues	Apport faible	0.3	200
Torrent de Saint Marcellin	4.6	137	Calcaire-marneux	Apport faible	0.4	100
Versant RG Béoux-St Marcellin	7.5	336	Marno-calcaire et éboulis		0.6	300
Versant RD Béoux-St Marcellin	7.2	0		Pas d'apport au Petit Buëch	0	0
Versant St Marcellin-Confluence	25.1	562	Terre noire et anciennes terrasses		0.3	500
Torrent de Maraize	66.8	4235	Calcaire éboulis et terres noires		0.85	4 300
TOTAL en m³						29 000

Les ordres de grandeurs des apports de chaque sous bassin sont estimés relativement par rapport aux caractéristiques spécifiques de chacun. Le coefficient correctif appliqué à chaque sous bassin versant tient compte de leur activité morphologique estimée grâce aux observations de terrain mentionnées ci-dessus et à l'analyse de la carte géologique.

3.5.3. CONCLUSIONS

Nous retiendrons donc les ordres de grandeur des capacités de transport solide de la rivière issus de l'analyse précédente. Dans le tableau suivant sont rassemblés ces valeurs estimées sur l'ensemble du bassin versant du Petit Buëch :

Lieu	Superficie en km ²	Volume annuel en m ³	Volume spécifique annuel en m ³ /km ²	Nbre de jours de charriage par an
Petit Buëch à l'aval de la Roche des Arnauds	100	9 200	92	6
Petit Buëch à l'aval de Veynes	318	24 200	76	9
Petit Buëch à la confluence	401	29 000	72	10
La Béoux à l'aval de la RD 937	63,4	8 000	126	4
Le Maraize à la confluence	66,8	4 300	64	7

Le débit solide spécifique décroît progressivement vers l'aval confirmant l'hypothèse d'une érosion plus marquée en amont du bassin versant et d'apports de matériaux plus faibles en aval.

Ces résultats nous renseignent sur les ordres de grandeurs des volumes annuels charriés par les rivières à l'état naturel. Ils sont utiles pour déterminer les temps de réaction de la rivière à une perturbation quelconque (extraction, curage, ouvrage hydraulique), et également pour comparer les volumes autorisés des extractions par rapport aux volumes charriés effectivement par la rivière. La mise en cohérence amont-aval, la comparaison avec d'autres rivières torrentielles de la région et surtout la validation des ordres de grandeurs sur des observations directes permettent de penser que la précision des évaluations est de plus ou moins 30 %.

oOo

4.

PERTURBATIONS ET EXTRACTIONS

De nombreux aménagements ont été menés sur la vallée du Petit Buëch pour permettre le développement de l'activité agricole en fond de vallée et la protection des berges contre les divagations latérales du cours d'eau. Les rivières ont été également l'objet d'extractions de matériaux en lit mineur.

Tous ces aménagements hydrauliques ont eu un impact plus ou moins faible sur l'équilibre dynamique de la rivière.

4.1. ENDIGUEMENTS

Sur le Petit Buëch, des endiguements ont été aménagés en amont et en aval de la Roche des Arnauds sur 1,7 km, en amont du pont de Villard sur 1,5 km et en aval de la confluence avec la Béoux sur 6 km. Ces aménagements ont débuté au XVIII^{ème}. Ils ont la particularité de contraindre le cours d'eau à s'écouler sur une largeur diminuée au ¼ de la valeur initiale dans certains cas. Le but de ces endiguements étroits était de limiter la divagation du lit, d'acquérir des terrains agricoles en bordure de rivière et de les protéger contre les inondations.

L'impact majeur de ces digues est de contraindre le cours d'eau à s'écouler dans une largeur diminuée d'où l'augmentation des vitesses (pas de possibilité d'épandage des crues) et de la capacité de transport solide (concentration des écoulements sans possibilité de divagation). Le fonctionnement morphodynamique sur ce tronçon est alors perturbé. Les conséquences de la modification des caractéristiques d'écoulement sont le basculement de la pente et donc l'abaissement du lit entre digues (notamment dans les premières années de fonctionnement) et parfois le pavage du lit par les éléments grossiers laissés après lessivage des matériaux plus fins.

En outre, les hauteurs d'eau en crue sont beaucoup plus grandes dans les tronçons endigués que dans les tronçons divagants. La rivière tend à ajuster son lit pour assurer la continuité de la ligne d'eau. Il s'ensuit un surcreusement généralisé dans les tronçons endigués.

Un autre type d'impact des endiguements étroits est la fixation latérale du lit ; les digues empêchent la divagation naturelle du lit qui, à l'origine, s'étalait sur toute la largeur de la vallée. Le processus naturel de renouvellement et de rajeunissement de la ripisylve n'existe plus et l'on peut observer un assèchement et un vieillissement des milieux naturels.

Sur les affluents du Petit Buëch, les ouvrages sont également impressionnants : une digue de déviation du torrent du Rif de l'Arc (années 1780), un endiguement de la Sigouste sur son cône de déjection, un étranglement de la Béoux en amont immédiat de sa confluence

avec le Petit Buëch. Plus récemment, la construction de la RD 937 en 1996 a diminué la largeur de divagation de la Béoux sur sa rive gauche.

Sur le bassin versant, on note la présence d'aménagements plus modestes : des épis anciens notamment au droit de la colonie de vacances (Montmaur), des épis en enrochements récents destinés à protéger les terres agricoles ou le remblai SNCF, des enrochements longitudinaux pour la protection de routes ou de chemins emportés ou menacés.

4.2. EXTRACTIONS EN LIT MINEUR

Les prélèvements de matériaux en lit mineur entraînent un creusement du lit par rapport à la situation initiale. La déstabilisation du profil en long par rapport à l'état naturel de référence s'illustre par une zone de plus forte pente à l'amont, avec accroissement de la capacité de transport, et une zone de plus faible pente à l'aval, avec réduction, voire suppression (en cas de souilles profondes) de la capacité de transport. On observe alors deux phénomènes :

- La forte pente amont favorise une érosion régressive qui se propage vers l'amont,
- La faible pente aval favorise un réengrèvement de la zone perturbée, associé à un déficit sédimentaire en aval qui peut engendrer un phénomène d'érosion progressive.

La tendance générale après interruption des prélèvements est un retour au profil en long initial, à condition que les apports de matériaux ne soient pas perturbés en amont. Les volumes extraits sont souvent supérieurs aux apports annuels de la rivière et puisent dans les stocks alluvionnaires qui représentent souvent plusieurs décennies, voire plusieurs siècles de dépôts naturels. La perturbation ou l'interruption du transit des matériaux peut donc avoir un impact sur le long terme même après l'arrêt des interventions en lit mineur.

Sur des rivières comme le Petit Buëch à substratum tendre (marnes), l'exploitation intensive des granulats peut conduire à une incision du lit dans le substratum ce qui bouleverserait durablement et irréversiblement la dynamique du lit : la marne est visible vers le lieu dit 'la Garenne', le torrent de Maraize s'écoule sur la marne au droit du pont de la RD 148.

Dans la thèse d'Emmanuèle Gautier⁵, le volume total des matériaux extraits depuis 1950 est évalué à plus de 5 millions de m³ sur l'ensemble du bassin versant du Buëch. Cet ordre de grandeur nous semble réaliste au vu de la récapitulation des volumes extraits déclarés, complétée par d'autres informations, dans le tableau page suivante :

⁵ Recherche sur la morphologie et la dynamique fluviales dans le bassin du Buëch, janvier 1992.

DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'EQUIPEMENT DES HAUTES ALPES
ETUDE DU TRANSPORT SOLIDE SUR LE PETIT BUËCH

Rivière	Année		Lieu	Volume autorisé m ³ /an	Volume total en m ³
Petit Buëch	1997	2012	Amont de la Roche, Montmaur et aval digue Veynes	20 000	300 000
Petit Buëch	1996	2004	Aval de la Roche	20 000 sur 4 ans puis apports	80 000
Petit Buëch	1985	1995	Aval de la Roche	25 000	250 000
Petit Buëch	1940	1955	Amont pont de Villard		250 000
Petit Buëch	1985	1995	Aval Pont de Villard	1 500	15 000
Petit Buëch	1997	2012	Aval de Veynes sur 7 zones	5 000	75 000
Petit Buëch	1980	1983	Aval Chabestan	20 000	60 000
Petit Buëch	1955	1980	Amont de la confluence La Bâtie Montsaléon	au moins 30 000	750 000
Béoux	1991	1996	Amont pont RN	15 000	75 000
Béoux	1986	1991	Amont pont RN	15 000	75 000
Sigouste	1991	1994	Confluence	5 000+3 curages de 1000 m ³	18 000
Maraize	1988	1991	Au droit du lieu-dit Le Villard	20 000 en 2-3 ans	20 000
	1980	2000	Terrasse La Bâtie	20 000	
				TOTAL	1 968 000

A ces volumes officiels, il faut ajouter toutes les interventions pour la réalisation d'aménagements locaux. Ainsi entre les années 1960 et 1980, les quantités prélevées par les entrepreneurs locaux sont de l'ordre de 10 000 m³/an soit entre 200 000 et 250 000 m³ au total. En aval des digues de la Roche des Arnauds, quelques 200 000 m³ ont été prélevés pour les travaux d'aménagement pendant les années 1970 (RD 994 au droit du marais de Manteyer, route de Pelleautier-Sigoyer), notamment au droit de la confluence Moulin/Nacier. Sur le torrent de Maraize, les extractions auraient eu lieu pendant 40 années toujours sur le même site, des extractions auraient été réalisées à l'aval du village du Saix. Par ailleurs, lors de la création de la voie ferrée ainsi que son doublement dans les années 1920, de gros prélèvements ont été effectués dans le Petit Buëch.

Avant 1989, d'après les études existantes, les extractions en lit mineur sur l'ensemble du linéaire du Petit Buëch se sont élevées à 60 000 m³/an en moyenne, notre analyse nous conduit à une moyenne de l'ordre de 40 000 m³/an sur 50 années. Depuis la législation en vigueur sur les extractions de granulats, les volumes autorisés ont baissé.

L'exploitation des alluvions du Petit Buëch continue actuellement sur différents sites :

- Amont de la Roche des Arnauds, Montmaur et aval des digues de Veynes : 20 000 m³/an sur ces 3 sites jusqu'en 2012 par l'entreprise SAB,
- Aval des digues de la Roche des Arnauds : extractions limitées aux apports jusqu'en 2004 par l'entreprise SAB,
- Aval des digues de Veynes, répartis sur sept sites : 5 000 m³/an jusqu'en 2012 par l'entreprise CLAVEL-EMERY.
- Terrasse alluviale du Petit Buëch à la Bâtie Montsaléon : 20 000 m³/an par l'entreprise CLAVEL-EMERY.

La localisation des sites d'extraction est disponible en annexe 7.

4.3. CONCLUSIONS

Les perturbations liées aux endiguements ou à l'aménagement de ponts étroits sont très locales et surtout très limitées dans le temps, en effet on ne pourrait pas imaginer un abaissement durable et continu dans l'endiguement de Veynes sur plus de 2 siècles. Ces tronçons sont normalement stabilisés et aucune évolution flagrante ne devrait être notable sur un siècle.

Dans l'analyse qui précède, il est à noter que le Petit Buëch et ses affluents ont été fortement sollicités du point de vue des extractions de matériaux durant ces cinquante dernières années et il est évident que la dynamique fluviale du Petit Buëch en a été perturbée durablement.

oOo

5. DIAGNOSTIC ET GESTION PAR SECTEUR PETIT BUËCH

5.1. SYNTHÈSE

Les principaux constats du diagnostic mené sur le Petit Buëch amènent à différencier plusieurs tronçons qui présentent des fonctionnements spécifiques :

- les tronçons où une perturbation du transit des matériaux (extractions) entraîne un déséquilibre dynamique du cours d'eau,
- les tronçons présentant un déficit d'apport de matériaux par rapport à l'état de référence, ce qui engendre un ajustement de la pente du cours d'eau suivant les nouvelles caractéristiques dynamiques et donc un déséquilibre du profil en long,
- les tronçons morphologiquement équilibrés avec des phénomènes de respiration du lit, dépendant de l'importance et de la récurrence des crues et des apports latéraux.

Etant donné les perturbations durables sur le fonctionnement dynamique du Petit Buëch, occasionnées par les extractions massives de granulats depuis les années 1950, les principes de gestion ont été proposés dans l'optique d'un rétablissement du transit en évitant toute perturbation supplémentaire.

Sur certains tronçons ou sites ponctuels, des interventions légères de dragages ont été préconisées pour éviter ou diminuer les mécanismes d'inondation et protéger les enjeux humains.

L'état des protections actuelles est pris en compte : les propositions faites dans la présente étude ne s'inscrivent pas dans un programme de gestion et d'action global pour la protection des zones habitées. Quelques éléments qui semblent importants ont toutefois été signalés.

Des planches morphologiques synthétisant le fonctionnement, les perturbations, les tendances d'évolution actuelle ont été élaborées sur le Petit Buëch, elles sont disponibles en annexe 6. Les profils en long du Petit Buëch de 1908 et de 2001 sont disponibles en annexe 3.

5.2. DANS LES GORGES

Dans la partie amont du bassin versant, le Petit Buëch s'écoule dans des gorges dominées par des formations calcaire et marno calcaire. La pente d'écoulement y est très importante et il s'apparente à un torrent de montagne.

Les gorges étant très encaissées, la largeur du lit est très faible, il ne traverse aucun village et aucun enjeu n'est concerné par le Petit Buëch, mis à part l'existence d'un pont romain sur la commune de Rabou dont une culée a été déstabilisée lors des crues de novembre 2000.

Sur ce tronçon, aucune évolution du lit n'est à prévoir puisque le torrent coule sur un substratum dur, excepté dans la partie terminale où les versants sont composés de moraines et de terres noires.

5.3. DE LA SORTIE DES GORGES AUX ENDIGUEMENTS DE LA ROCHE DES ARNAUDS

5.3.1. DESCRIPTION DU TRONÇON

Sur ce tronçon, le Petit Buëch présente une largeur d'écoulement de 50 à 170 m, la pente s'adoucit et le faciès d'écoulement se rapproche des écoulements en tresses, l'équilibre dynamique du tronçon semble atteint.

Dans la partie aval de ce tronçon des extractions sont pratiquées par l'entreprise SAB depuis 1997, elles concernent environ 6 000 m³/an alors que le volume solide apporté par le bassin versant amont est de l'ordre de 8 000 m³/an. L'objectif de ces extractions est de protéger le village de la Roche des Arnauds qui se situe immédiatement en aval sur la rive droite.

Les conséquences de ces extractions sont perceptibles sur le profil en long disponible en annexe 3. Par rapport au profil en long de référence et notamment par rapport au profil de 1908, la tendance d'évolution du lit est à l'abaissement. Pour l'instant, aucune conséquence de ce phénomène n'est observable, quelques signes d'abaissement sont notables sur le terrain.

5.3.2. ENJEUX

En rive droite, quelques terrains agricoles sont menacés d'érosion. A l'aval du tronçon, le village de la Roche des Arnauds est construit en partie sur la plaine alluviale du Petit Buëch.

5.3.3. EVOLUTION DU LIT

Depuis 1997, les extractions sur ce tronçon représentent 6 000 m³/an et des signes d'abaissement du lit mineur dans la section hydraulique contractée (entre digues) ont déjà été observés ; ceci montre que l'ordre de grandeur d'un apport solide de 8 000 m³/an en aval des gorges est assez réaliste.

Les extractions actuelles sont autorisées jusqu'en 2012, la tendance à l'abaissement devrait se prononcer avec des conséquences probables sur le tronçon aval, dues au déficit de matériaux. Un phénomène d'érosion progressive devrait s'enclencher. La surveillance

de profils en travers au droit des extractions et en aval du site, dans le tronçon endigué, devrait permettre d'anticiper les abaissements du lit.

5.3.4. MODE DE GESTION ET INTERVENTION A PREVOIR

Afin d'éviter une déstabilisation du lit dans le tronçon aval, les extractions devraient être menées dans la partie amont de la zone autorisée et sur une superficie plus étendue. Celles-ci doivent être pratiquées en surface sur moins de 1 m de profondeur, notamment au droit du chenal principal d'écoulement du torrent.

Par ailleurs, le volume autorisé est de l'ordre de grandeur du volume annuel charrié par la rivière sur ce tronçon, dans la mesure du possible, les volumes extraits devraient être limités à 3 000 m³/an afin d'éviter un déficit de matériaux important sur le tronçon aval.

5.4. ENDIGUEMENTS DE LA ROCHE DES ARNAUDS

5.4.1. DESCRIPTION DU TRONÇON

Au droit du lieu-dit 'la Rivière', un épi a été construit en rive droite, il se prolonge en digue longitudinale sur toute la traversée du village de la Roche des Arnauds. La largeur entre digues varie entre 10 et 50 m en amont du pont de la RD 994 et atteint entre 10 et 20 m en aval. Ces digues réalisées en pierres sèches sont anciennes (XVIII^{ème} siècle).

- **En amont du pont** : la tête de l'épi de 'la Rivière' s'est effondrée et la digue rive droite a été emportée sur 50 m en 1993 (grande anse d'érosion) et protégée par endroit avec des enrochements instables (blocs de taille hétérogène et mal positionnés). Dans la partie la moins large, des signes de faible abaissement sont visibles. Le ruisseau de l'Epervier traverse le village de la Roche dans une section endiguée et perchée par rapport à la plaine, puis se jette dans le Petit Buëch 100 m en amont du pont de la RD 994, au droit d'un endiguement subvertical en enrochement assez récent (1999-2000). En rive gauche, le chemin d'accès au lit mineur de l'entreprise SAB longe la rivière. Un seuil en enrochement en amont immédiat du pont de la RD 994 protège la traversée d'une canalisation d'eau potable, il semble calé un peu haut. La cote du fond du lit est très proche de la cote de la plaine alluviale en rive droite.
- **Le pont de la RD 994** : la digue en rive droite se prolonge sous le pont et empiète sur sa largeur utile d'environ 1/5^{ème} de la largeur initiale. A l'aval du pont, il existe un seuil en enrochements, rechargé avec des blocs très instables.
- **En aval du pont** : l'endiguement très étroit présente un linéaire de 800 m. Sur cette distance, les signes d'abaissement du lit sont visibles : déstabilisation des anciens blocs de protection en pied de digue, blocs perchés notamment en aval du pont SNCF. Une centaine de mètres en aval de ce pont, le lit semble se réengraver en raison de la présence d'un seuil construit par l'entreprise SAB en 1990 à l'extrémité de l'endiguement. Ce seuil a été détruit par plusieurs crues (1991 et 1993), il présente actuellement des signes de déstabilisation (blocs du coursier non appareillés). En amont immédiat du seuil, le fond du lit est pratiquement à la cote de la plaine alluviale, la crête du seuil semble calée trop haut par rapport au profil en long de référence. En aval de ce seuil, le lit s'est abaissé de plus de 2 m : les gabions en rive droite sont

perchés. Cet abaissement avait été constaté en 1996 et, en 1992 il était de 0,7 m⁶. A l'extrémité des digues en rive gauche, prend place une décharge.

Les endiguements étroits du Petit Buëch ont entraîné, au début de leur fonctionnement, un léger surcreusement, puis le lit a dû se stabiliser atteignant un nouvel équilibre entre la pente d'écoulement, la grosseur des matériaux et le confinement des écoulements. Les abaissements récents ne sont pas le fait de ces endiguements.

L'analyse des profils en long du Petit Buëch nous indique que l'abaissement dans l'endiguement est de l'ordre de 1 à 2 m en aval du pont de la RD 994 et de 2 m en aval immédiat du seuil. Cet abaissement est dû aux extractions massives qui ont été menées sur le tronçon aval depuis une cinquantaine d'années.

5.4.2. ENJEUX

En rive droite du tronçon, prend place le village de la Roche des Arnauds niché au pied du versant mais dont l'extension s'est faite sur la plaine alluviale du Petit Buëch, notamment derrière les digues.

Sur tout ce tronçon, il existe un nombre important d'ouvrages hydrauliques (digue, ponts, digues du torrent de l'Epervier...) qui sont directement menacés par les conséquences de l'abaissement du lit. Les gabions perchés dans la partie aval de l'endiguement en sont un exemple.

Une conduite d'eau potable passe sous le lit du Petit Buëch en amont immédiat de la RD 994 et une conduite d'assainissement traverse également la rivière en aval du pont SNCF.

La stabilité du profil en long sur ce tronçon est donc primordiale pour assurer la pérennité des digues et donc la protection des enjeux humains, des ouvrages de traversée (ponts et canalisations).

5.4.3. EVOLUTION DU LIT

- **En amont du pont** : les extractions en vigueur en amont du village de la Roche, impliquent un déficit de matériaux dans le tronçon considéré, qui est compensé par un surcreusement du lit notamment dans l'étranglement de la rivière. L'évolution du lit devrait être faible si les volumes extraits ne sont pas trop importants. En amont du seuil protégeant la canalisation d'eau potable, un léger engrèvement devrait être perceptible (calage du seuil un peu haut).
- **Le pont de la RD 994** : le seuil situé en aval immédiat du pont présente des signes de déstabilisation, sa stabilité est indispensable notamment pour la pérennité du pont mais également de la protection en enrochements situés en amont en rive droite.
- **En aval du pont** : l'abaissement du lit entre les digues a été stoppé par la mise en place du seuil à l'extrémité de l'endiguement, le réengrèvement progressif du lit est visible mais trop important (calage du seuil trop haut). Ce phénomène de réengrèvement se poursuit vers l'amont, mais il sera retardé par les extractions menées en amont de la Roche des Arnauds. Toutefois la stabilité du pont SNCF

⁶ Conseil Général 05-DDE 05, schéma d'aménagement du Petit Buëch, SIMECSOL-DARAGON, mai 1992.

devrait faire l'objet d'une expertise. Il est nécessaire que le seuil situé en aval soit stable pour tous les débits.

5.4.4. MODE DE GESTION ET INTERVENTION A PREVOIR

En amont du pont de la RD 994, un léger engrèvement est à craindre en raison du seuil de protection de la canalisation d'eau potable calé un peu haut. Etant donné les enjeux présents derrière la digue en rive droite, le mieux serait d'abaisser le seuil de protection de la canalisation d'eau potable, afin d'intervenir le moins possible dans le lit mineur. Si cette solution n'est pas retenue, la surveillance de l'engrèvement est nécessaire pour laisser une section hydraulique suffisante en amont du seuil.

Le seuil en aval de la RD 994 assure la pérennité du pont. Le seuil mis en place à l'extrémité des digues doit assurer la stabilité du profil en long dans l'endiguement. La stabilité de ces ouvrages doit donc être effective pour tous les débits ; leur rupture en période de crue pourrait entraîner des phénomènes d'érosion assez grave sur les digues et les ponts.

La présence du seuil à l'extrémité de l'endiguement permet le réengrèvement du lit en amont. Toutefois, quelques signes semblent indiquer que sa crête est calée trop haut ; la cote du lit est proche de celle de la plaine alluviale, en amont du seuil. Ce phénomène de réengrèvement est donc à surveiller afin de s'assurer d'une capacité hydraulique suffisante entre digue pour transiter la crue centennale. Au cas où cet engrèvement serait trop important, la crête du seuil pourrait alors être abaissée pour assurer le réengrèvement du lit en amont tout en laissant une section hydraulique suffisante entre digue.

5.5. DU TORRENT DU MOULIN AU PONT DE VILLARD

5.5.1. DESCRIPTION DU TRONÇON

A l'aval des endiguements de la Roche des Arnauds, le Petit Buëch reçoit en rive gauche le torrent du Nacier provenant du marais de Manteyer et du torrent du Rif de la Ville ainsi que le torrent du Moulin issu de la montagne de Céüse. Ils confluent tous les deux au même endroit. Le site des trois confluences étant très large, les apports du torrent du Moulin ont tendance à s'accumuler au droit de la confluence du Nacier avant d'être repris au fil des crues par le Petit Buëch. Ils obstruent ainsi la section hydraulique aval du torrent du Nacier : la pente du Nacier étant très faible sur le linéaire aval, ce phénomène engendre des débordements en amont, notamment sur la RD 18 et les terres cultivées. La partie aval du torrent du Nacier a été aménagée en 2000.

Ce mécanisme a motivé l'extraction massive de matériaux au droit de cette confluence afin de dégager le débouché du torrent du Nacier, ce qui a engendré le phénomène d'érosion régressive sur le Petit Buëch et les conséquences de déstabilisation sur les endiguements de la Roche des Arnauds.

Par ailleurs, le torrent du Rif de la Ville conflue avec le torrent du Nacier au droit de la voie SNCF. Le Rif de la Ville est endigué depuis le village de Manteyer et sa pente d'écoulement est très forte (3,6 %), il apporte beaucoup de matériaux. A la confluence avec le Nacier, ce dernier a une pente d'écoulement plus faible (1 %) et ne peut

remobiliser les matériaux déposés par le Rif de la Ville ; des débordements ont déjà eu lieu sur la voie ferrée et la RD 994 (1950). Dans la situation actuelle, les matériaux du Rif de la Ville sont concentrés dans l'endiguement et se déposent donc à la confluence, alors que naturellement les dépôts se faisaient sur tout le cône de déjection du torrent.

A l'aval de la confluence Moulin/Nacier, le Petit Buëch s'élargit considérablement (plus de 200 m de large par endroit), son axe d'écoulement est situé contre les versants rive gauche, contraint par les cônes de déjection de ces torrents affluents (Rif de l'Arc). Tout ce tronçon a fait l'objet d'extractions massives depuis les 50 dernières années qui se sont traduites par l'abaissement du lit, notable sur les profils en long : depuis la confluence des torrents du Nacier et du Moulin jusqu'à 500 m en amont du pont de Villard. Cet abaissement qui atteint par endroit 3 m représente près de 520 000 m³, valeur proche des volumes effectivement extraits (cf. § 4.2).

En amont du pont de Villard, le Petit Buëch est de nouveau endigué sur 1,2 km environ, la largeur est de l'ordre de 15 à 40 m. La digue rive droite réalisée en pierres maçonnées présente des signes de déstabilisation 500 m en amont du pont. Le pont de Villard s'est effondré en 1997 et a été reconstruit en 2001.

Les extractions menées en amont de ces digues ont engendré un phénomène d'érosion progressive dû au déficit de sédiments en aval du site d'extraction. L'analyse des profils en long en annexe 3 démontre l'abaissement du lit en aval des anciens sites d'exploitation.

5.5.2. ENJEUX

Dans la partie amont de ce tronçon, confluent le Petit Buëch et les torrents du Moulin et du Nacier. Les apports de matériaux du torrent du Moulin s'accumulent au droit de la confluence Petit Buëch/Nacier. Ce dernier ayant une pente très faible dans sa partie aval, il ne peut remobiliser ces matériaux qui s'accumulent : ce phénomène engendre une remontée de la ligne d'eau en amont de la confluence et des débordements du Nacier sur le réseau routier ont déjà eu lieu.

En aval de ces confluences, des terrains cultivés prennent place sur les deux rives. La digue rive droite en amont du pont de Villard, protège une habitation au lieu dit 'le Devès'. Le site de concassage, de criblage et d'entreposage des matériaux de l'entreprise SAB prend place en rive droite en amont immédiat de la digue arrivant au pont de Villard, il est lui-même protégé par un cordon d'alluvions, mis en place pour un canal d'aménée d'eau.

5.5.3. EVOLUTION DU LIT

Les extractions massives menées sur ce tronçon depuis les années 1950, ont entraîné un abaissement considérable du lit avec des conséquences directes sur l'endiguement de la Roche des Arnauds. Actuellement, la digue en amont du pont de Villard présente des signes de déstabilisation.

La diminution et par la suite l'arrêt total des extractions sur ce tronçon va engendrer une recharge sédimentaire sur tout le linéaire qu'il faudra suivre attentivement. Le profil en long du lit va tendre vers son niveau initial qu'il atteindra dans plus d'un siècle, en effet la fosse de 500 000 m³ sera comblée avec des apports annuels de seulement 9 200 m³, également perturbés par les extractions en vigueur en amont de la Roche des Arnauds et le réengrèvement dans l'endiguement.

Le lit va se réengraver progressivement et la recharge en matériaux de la fosse va engendrer une perturbation du transit sédimentaire à l'aval du tronçon considéré. Le phénomène d'érosion progressive, observé au droit des digues du Devès, risque de se confirmer, le déficit de matériaux généré par le comblement de la fosse des extractions en est à l'origine. La propagation de ce phénomène vers l'aval menace la stabilité du pont récent de Villard.

5.5.4. MODE DE GESTION ET INTERVENTION A PREVOIR

La déstabilisation du profil en long du Petit Buëch est telle, que les extractions en vigueur devraient être stoppées. Actuellement, celles-ci doivent se limiter aux apports du torrent, or les apports sont nécessaires à la recharge des fosses d'abaissement observées sur le profil en long.

La menace de déstabilisation des digues et du pont de Villard par le phénomène d'érosion progressive pourrait amener à réaliser un seuil en aval immédiat de ce pont afin de le protéger de tout abaissement intempestif du lit. Ce seuil devra être conçu en prenant en compte de l'hypothèse d'un abaissement du lit de 0,5 m.

Par ailleurs, étant donné la perturbation durable de la dynamique du Petit Buëch, la confluence du Moulin et du Nacier doit être surveillée après chaque grande crue de ces deux torrents afin d'intervenir pour dégager la confluence du Nacier en cas d'apports de matériaux importants du torrent du Moulin. Par contre, une extraction fixe à cet endroit aurait des préjudices importants sur la stabilité des digues de la Roche des Arnauds déjà déstabilisées.

5.6. DU PONT DE VILLARD A LA CONFLUENCE AVEC LA BEOUX

5.6.1. DESCRIPTION DU TRONÇON

Sur ce tronçon, le Petit Buëch reçoit les torrents de la Sigouste et de la Béoux provenant du massif du Dévoluy sur sa rive droite. Ils représentent des apports de matériaux importants de granulométrie grossière. Le fonctionnement dynamique du lit ne semble pas perturbé (pas de signe d'abaissement ou d'exhaussement).

Il existe des digues et quelques épis qui contraignent son cours. L'épi ancien réalisé en pierres maçonnées et situé au droit de la colonie en rive gauche est déstabilisé dans sa partie aval. Un adoux le longe.

Sur ce tronçon, le lit est riche en alluvions et la dynamique de reprise et de dépôt semble être équilibrée. Quelques bancs végétalisés sont situés en lit mineur qui est encombré d'arbres morts. Environ un kilomètre avant la confluence avec la Béoux, le lit est contraint entre le versant rive gauche et les terrasses hautes du cône de déjection de la Béoux. Les matériaux déposés sont de taille importante.

Avant sa confluence avec le Petit Buëch, la Sigouste est franchie par la RD 994 et la ligne de chemin de fer. L'ouvrage SNCF est de gabarit suffisant mais le pont de la RD est constitué d'une buse ARMCO calée trop haut par rapport à la pente d'écoulement naturelle et de section hydraulique trop faible. Les matériaux sont bloqués et ceci engendre un

engravement du lit en amont de la route : les épis d'entonnement en béton sont ensevelis par les matériaux. Une fosse s'est créée en aval de la route : en raison du déficit sédimentaire dû aux dépôts, l'eau claire dissipe son énergie en érodant les berges et le fond du lit.

La confluence du torrent de Béoux est décrite dans le chapitre spécifique à ce torrent (cf. § 6).

5.6.2. ENJEUX

La ligne de chemin de fer longe en rive droite le Petit Buëch. A l'aval de la gare de Montmaur, le remblai a été érodé et des épis reliés par un cordon en enrochements ont été réalisés en 1992. En aval, le remblai est également protégé.

Le chemin rive gauche, menant à la ferme Chateluze a été emporté et refait avec une protection en enrochements qui ne sont pas appareillés et semblent instables.

En rive droite, derrière la RD 994, il existe une station de pompage de la nappe du Petit Buëch alimentant en eau potable la ville de Veynes.

En amont de la confluence avec la Béoux, une déchetterie a été aménagée sur une terrasse haute en rive droite.

5.6.3. EVOLUTION DU LIT

Le phénomène d'érosion progressive constaté sur le tronçon amont n'a pas encore atteint le secteur considéré. Malgré l'arrêt des extractions, une tendance à l'abaissement devrait être notable au droit et en amont de la Sigouste.

Toutefois, les deux torrents affluents (Sigouste et Béoux) apportent beaucoup de matériaux et des phénomènes de respiration du lit peuvent se produire : les matériaux déposés par les deux torrents ne sont pas repris immédiatement.

En amont de la RD 994, les matériaux charriés par la Sigouste vont se déposer : ils ne peuvent transiter, l'ouvrage est trop petit. L'engravement du lit s'accroîtra donc en amont de la route : les débordements pourront alors survenir sur celle-ci.

5.6.4. MODE DE GESTION ET INTERVENTION A PREVOIR

Sur ce tronçon, nous ne préconisons aucune extraction. En effet, le déficit sédimentaire engendré sur le tronçon amont (cf. § 5.5) va engendrer la propagation du phénomène d'érosion progressive et une tendance à l'abaissement devrait être observable notamment dans la partie amont de ce tronçon.

Sur le torrent de la Sigouste, en amont de la RD 994, des curages ponctuels devront être réalisés régulièrement pour éviter tout débordement de la Sigouste sur la route.

5.7. DU TORRENT DE LA BEOUX A L'AVAL DU CAMPING D'OZE

5.7.1. DESCRIPTION DU TRONÇON

Sur ce tronçon, le Petit Buëch est endigué sur environ 6,5 km depuis le XVIII^{ème} siècle. Ces aménagements ont permis de développer les pratiques culturelles en fond de vallée, l'urbanisation de cette plaine a suivi. La largeur entre digues est de 20 à 90 m. A l'aval de cet endiguement, le lit reprend place dans le fond de vallée sur une largeur de 250 m. L'écoulement se fait suivant un chenal unique entre les digues ou les bancs d'alluvions déposés sur les linéaires les plus larges.

Sur ce linéaire, le Petit Buëch est franchi par trois ponts : le pont des Savoyons sous lequel un seuil de dérivation prend place, le pont piétonnier de la Morelle où une station d'alerte des crues est mise en place et le pont d'Oze. La rivière reçoit le Drouzet, qui représente un apport de matériaux, en rive gauche juste en aval du pont des Savoyons et les torrents de Glaisette et de Saint Marcellin en rive droite dont les matériaux se déposent en amont des confluences, la pente étant trop faible dans la traversée de la plaine alluviale.

La réaction du lit aux endiguements étroits réalisés à la fin du XVIII^{ème} siècle a dû être immédiate et se traduire par un basculement de la pente et un abaissement du lit de l'ordre de 0,5 m. Par la suite, la rivière a trouvé un nouvel équilibre dynamique et le lit s'est stabilisé. En amont du seuil des Savoyons, le lit est stable sans doute grâce à la présence de cet ouvrage : les épis en béton situés en amont rive gauche du pont ne sont pas endommagés. Par contre en aval, les profils en long de ce tronçon nous indiquent un abaissement de l'ordre de 2 m jusqu'à environ 500 m en amont du pont d'Oze. L'abaissement est visible sur le terrain, il était déjà signalé en 1992 dans l'étude SIMECSOL (de 0,5 m à 0,7 m) et également dans un article paru à la revue Géographique de Lyon : les épis en béton qui protègent la digue sont basculés dans la rivière, le pied de la digue est déstabilisé en plusieurs endroits, le substratum est visible par endroit, notamment au droit du pont de Morelle où le lit coule sur la marne. Cet abaissement n'est plus visible à partir du pont d'Oze où aucun signe n'a été décelé. Dans l'endiguement, quelques bancs d'alluvions végétalisés sont observables sur les linéaires les plus larges.

En amont de l'endiguement, le remous solide engendré par la contraction de section hydraulique du lit conjuguée avec les apports importants de la Béoux, peut enclencher un phénomène de faible engrèvement en amont de l'endiguement.

Le lit présente quelques signes d'engrèvement à partir de la station d'épuration : le confinement sur le tronçon endigué entraîne une augmentation de la capacité de transport solide et donc un déséquilibre de la dynamique, au débouché des digues le lit s'élargit considérablement ce qui entraîne un étalement des écoulements et donc une diminution de la capacité de transport de la rivière qui a tendance à déposer les matériaux. Cette anomalie de fonctionnement est très locale et la rivière reprend une dynamique équilibrée à l'aval.

Sur tout le linéaire des endiguements, le versant rive gauche s'effrite dans le lit mineur (terres noires), quelques gros blocs en proviennent.

5.7.2. ENJEUX

La digue rive droite protège toute la plaine de Veynes occupée par des terrains cultivés et des habitations. La digue rive gauche, en amont du pont des Savoyons, protège le hameau des Savoyons sur la commune de Furmeyer (déjà inondé en 1886), ainsi qu'une habitation au lieu-dit 'les Meules'.

Dans la partie aval de l'endiguement, la base de loisirs a été aménagée derrière les digues existantes, il existe également deux campings dont un, traversé par le torrent de Marcellin. A l'aval de l'endiguement, le camping de la commune d'Oze situé en rive droite est très exposé aux crues du Petit Buëch, deux habitations récentes existent également. Ce camping a déjà été inondé en 1996. En rive gauche prend place le captage de la commune d'Oze.

Trois ponts franchissent le Petit Buëch sur ce tronçon. Un seuil de dérivation des eaux est situé sous le pont des Savoyons, le coursier réalisé en enrochements libres est déstabilisé. Un autre seuil réalisé avec un tapis d'enrochements prolongé par un canal en terre sur la rive droite, est situé en aval.

5.7.3. EVOLUTION DU LIT

Les abaissements observés dans l'endiguement de Veynes sont liés aux extractions menées sur la Béoux en amont de la RD 994 de 1986 à 1996. Elles ont entraîné un déficit sédimentaire sur les tronçons aval, l'équilibre dynamique du lit entre les digues atteint dans les années suivant leur construction, a été perturbé par ce déficit de matériaux charriables et un abaissement du lit s'est enclenché.

La tendance à l'abaissement observée dans l'endiguement en aval du pont des Savoyons devrait continuer pendant le temps nécessaire de rétablissement d'un transit sédimentaire naturel sur le torrent de la Béoux : la tenue des digues en rive droite et la stabilité du seuil au pont des Savoyons sont menacées.

A l'aval des endiguements des exhaussements ont été constatés, ce qui a motivé les extractions en cours pour éviter l'inondation du camping d'Oze et des habitations. Celles-ci sont menées par les entreprises SAB et CLAVEL-EMERY en fonction de l'engravement effectivement constaté, les volumes extraits annuellement ne sont donc pas fixés. L'évolution du lit entre 1908 et 2001 semble stable malgré ces extractions.

5.7.4. MODE DE GESTION A PREVOIR

Dans l'endiguement de Veynes, aucune extraction ne doit être réalisée. La menace de déstabilisation des ouvrages existants doit motiver la mise en place d'une surveillance régulière de leur stabilité (seuil des Savoyons, pont de Morelle, digue rive droite...). La stabilité des ouvrages de protection de la plaine alluviale de Veynes pourrait être assurée par la mise en place d'un seuil dans l'endiguement qui stabiliserait le profil en long.

En amont des endiguements, au droit de la confluence avec la Béoux, l'engravement du lit devra être surveillé afin d'éviter un débordement sur la plaine de Veynes par l'amont. Des extractions ponctuelles devront être effectuées afin de conserver une capacité hydraulique suffisante.

Les extractions menées en aval des endiguements de Veynes pour la protection de la rive droite ne devraient pas empêcher une divagation prononcée du torrent dans ce secteur d'élargissement subit. En effet, après un tronçon où les écoulements sont très contraints, les eaux chargées en matériaux en période de crue, s'étalent sur la largeur disponible et déposent également les alluvions transportées.

La réalisation d'un chenal sur la rive opposée permet de diriger les écoulements loin des enjeux hors période de grande crue, mais une crue majeure viendra remanier entièrement le lit et le chenal principal aura de nouveau changé de position.

Les extractions en vigueur peuvent donc être maintenues au rythme actuel.

5.8. DEPUIS L'AVAL DU CAMPING D'OZE JUSQU'AU PONT DE CHABESTAN

5.8.1. DESCRIPTION DU TRONÇON

Sur ce tronçon, le lit du Petit Buëch reprend un faciès de lit riche en alluvions avec un écoulement en tresses sur les linéaires assez larges et à méandre unique sur les tronçons peu larges ; la divagation des méandres est très prononcée. L'érosion des terrasses anciennes alimente le cours d'eau en matériaux ; sur ce tronçon, aucun affluent n'apporte des sédiments. L'épaisseur des alluvions est très faible, le substratum marneux est présent sur le versant rive gauche au droit du seuil de prise d'eau du canal de Champ-Croze.

La ripisylve est très présente sur les deux berges, de nombreux arbres morts jonchent le fond du lit.

Sur ce tronçon, plusieurs sites sont retenus pour des extractions par l'entreprise CLAVEL-EMERY. Le volume annuel extrait sur l'ensemble des sept sites (cf. annexe 7) ne représente que 5000 m³/an à comparer au volume annuel charrié par la rivière qui est de l'ordre de 24 000 m³/an.

Les observations de terrain indiquent que le lit est en équilibre : il n'existe pas de signe d'abaissement ou d'exhaussement flagrant du lit par rapport à la route en rive droite ou au pont de Chabestan. En amont du pont de Chabestan, des travaux ont été réalisés après le relevé du profil en long de 2001 :

- Extractions des matériaux par l'entreprise CLAVEL-EMERY, des monticules de matériaux ont été laissés dans le lit mineur, ils peuvent s'avérer dangereux lors d'une crue (formation d'embâcles sous un ouvrage...),
- Un chenal a été creusé au milieu du lit mineur pour éviter l'érosion des berges, l'accès à la rivière a été laissé maintenu ouvert,
- La prise d'eau en rive gauche, en amont immédiat du pont, a été aménagée avec des enrochements.

Par ailleurs, il semble qu'au droit du pont de Chabestan le lit ait sensiblement baissé durant les deux dernières années (<1 m) en raison des extractions menées à l'aval.

5.8.2. ENJEUX

Des terrains cultivés se situent sur chacune des rives et sont très menacés par les érosions du Buëch. L'anse d'érosion la plus spectaculaire s'est formée en amont du pont en rive gauche, elle peut menacer le pont de Chabestan qui date de 1840.

Au PK 8.9, une conduite d'éthylène traverse le Petit Buëch.

En rive droite, la RD 994 longe le Petit Buëch, elle a été menacée en amont du pont de Chabestan, la protection est renforcée par des enrochements.

La prise d'eau du canal de la Bâtie est située en rive gauche en amont immédiat du pont, à priori elle est refaite chaque année pour assurer son fonctionnement pendant la période d'irrigation.

5.8.3. EVOLUTION DU LIT

Malgré les extractions en vigueur (5 000 m³/an sur sept sites), le tronçon ne devrait pas connaître d'évolution flagrante si la répartition des extractions autorisées se fait sur des sites différents chaque année.

Un levé de 1997 apparaît sur les profils en long en annexe, il a été effectué à partir des données extraites des études d'impact réalisées pour la demande d'autorisation d'extractions ; il présente de sérieuse anomalie vers le PK 8.0 dus à des erreurs de relevés ou un problème de calage par rapport au PK.

Nota : l'analyse des profils en long indique une anomalie dans le profil en long de 1908, le profil de référence ne pouvant présenter une diminution de pente en amont du pont que l'on n'expliquerait pas (pas d'apports de débits liquide, pas d'apports de matériaux). Cette anomalie est peut-être due à une erreur de mesure. La tendance à l'exhaussement perçue en amont du pont de Chabestan n'est pas observable sur le site et n'est donc pas une réalité.

5.8.4. MODE DE GESTION A PREVOIR

La proximité du substratum marneux sur ce tronçon doit inciter à la prudence quant aux extractions de matériaux, la marne étant un matériau très friable, l'incision du lit dans ce matériau est irréversible.

En amont du pont de Chabestan, la progression du méandre en rive gauche a été stoppée par le recentrage régulier du bras principal dans le lit vif. Ce type d'action non pérenne doit être réalisé après chaque crue, pour éviter un contournement du pont à terme. Par ailleurs, l'engravement en amont du pont doit être surveillé afin d'intervenir dès que la section hydraulique du lit est trop faible.

5.9. DU PONT DE CHABESTAN A LA CONFLUENCE AVEC LE GRAND BUËCH

5.9.1. DESCRIPTION DU TRONÇON

Sur ce tronçon, le Petit Buëch s'écoule selon un bras unique peu mobile sur les linéaires étroits et méandrant entre les bancs d'alluvions sur les secteurs plus larges. Le tressage n'existe pratiquement pas ; ce style de lit unique à méandres découle sans doute du déficit sédimentaire. En rive gauche, il reçoit le torrent de Maraize environ 1,5 km en amont de la confluence avec le Grand Buëch.

Entre le pont de Chabestan et le pont de la Madeleine, le lit du Petit Buëch ne présente pas d'évolution flagrante. La ripisylve est très présente sur les deux rives.

Des extractions massives ont été pratiquées dans la partie aval du Petit Buëch et la nappe würmienne a été atteinte : de gros blocs sont présents dans le lit de la rivière. L'abaissement a été de l'ordre de 2 m au droit des anciennes gravières et s'atténue complètement 1500 m en amont du torrent de Maraize. A 500 m en amont de ce torrent, le substratum marneux est visible sur un linéaire de 100 m.

La cote du lit au droit de la confluence a été longtemps conditionnée par le seuil des Chambons existant sur le Buëch Aval, 1 km en aval de la confluence. Ce seuil d'une hauteur initiale de 4 m par rapport à la cote naturelle, engendrait un exhaussement à la confluence, de l'ordre de 2 m par rapport à l'état de référence. Il a été détruit lors d'une crue et le lit du Buëch a atteint sa cote initiale (cf. étude SOGREAH sur le Buëch Aval). Au droit des ponts de la SNCF et du pont de la Barque, l'abaissement engendré par la destruction du seuil est de l'ordre de 2 mètres mais aucun dommage n'a été détecté sur ces deux ponts. Le lit du Petit Buëch semble avoir atteint son état de référence.

La divagation du Petit Buëch sur ce tronçon a provoqué la disparition de terrains agricoles au lieu-dit 'Les Casses', d'un chemin à 'la Garenne' et d'une digue protégeant le remblai SNCF au lieu-dit 'la Virginie'.

5.9.2. ENJEUX

En aval du pont de Chabestan, au droit du lieu-dit 'Le Comte', il existe plusieurs bâtiments situés en rive droite dans la ripisylve du Petit Buëch. Il s'agit d'un gîte accueillant du public.

Le remblai de la voie SNCF et la RD 994 longe le lit du Petit Buëch en rive droite. Le Pont de la Madeleine permet l'accès à la Bâtie Montsaléon depuis la RD 994. Dans la partie aval, le pont SNCF et le pont de la RN 75 franchissent le Petit Buëch au même endroit.

Le site de traitement et d'entreposage des matériaux de l'entreprise CLAVEL-EMERY est situé en rive droite en amont de la confluence avec le Grand Buëch sur une terrasse basse.

5.9.3. EVOLUTION DU LIT

En amont du pont de la Madeleine, aucune évolution flagrante du lit du Petit Buëch n'est à attendre.

Au droit et en amont du torrent de Maraize, les abaissements ont été provoqués par les extractions menées sur ce site (près de 750 000 m³ depuis 1950), le substratum marneux a été atteint vers le lieu-dit 'la Garenne'. Le phénomène d'érosion régressive, déjà observé en amont du torrent de Maraize, peut menacer la stabilité du pont de la Madeleine.

Au droit de la confluence, l'abaissement constaté entre 1908 et 2001 est dû à la disparition du seuil des Chambons, la cote atteinte est proche de l'état de référence.

Par ailleurs, dans l'analyse du fonctionnement du torrent de Maraize (cf. § 7.4.2), il apparaît que les apports solides de cet affluent sont perturbés de façon durable.

5.9.4. MODE DE GESTION A PREVOIR

Les extractions sur ce tronçon doivent être très limitées et mises en œuvre essentiellement pour diminuer la fréquence de submersion des enjeux, notamment le site d'entreposage des matériaux de l'entreprise CLAVEL EMERY.

Le phénomène d'érosion régressive doit être surveillé en raison de la présence du pont de la Madeleine. Si celui-ci est menacé de déstabilisation par abaissement du lit, la mise en place d'un seuil permettrait de protéger les fondations de cet ouvrage.

5.10. CONCLUSIONS

5.10.1. REPRESENTATION GRAPHIQUE DE L'EVOLUTION DU LIT

Les extractions menées sur le Petit Buëch ont durablement perturbé sa dynamique fluviale. Elles ont conduit à la déstabilisation du profil en long de la rivière en plusieurs endroits et donc à la perturbation du transit sédimentaire. Notamment en aval de la Roche des Arnauds, le comblement des fosses d'abaissement va engendrer un déficit sédimentaire dans les tronçons aval.

Une simulation de l'évolution du lit par rapport à l'état de référence a été menée, elle est représentée sur le graphique page suivante. La lecture de ce graphique appelle plusieurs remarques :

- Les abaissements constatés dans les endiguements de la Roche des Arnauds vont se combler progressivement en raison de la présence du seuil situé à l'extrémité de ces digues. Ce réengrèvement progressif sera perturbé par les extractions menées en amont de la Roche des Arnauds.
- En aval de la Roche des Arnauds, l'exploitation des alluvions a engendré un abaissement du profil en long sur plus de 3 km. Le réengrèvement progressif du lit va se réaliser sur une très longue période, pendant laquelle le transit à l'aval sera pratiquement nul d'où l'accentuation du phénomène d'érosion progressive constaté en amont du pont de Villard.
- En aval du pont des Savoyons, l'ajustement de la dynamique du Petit Buëch va engendrer un réengrèvement de ce tronçon qui devrait freiner l'exhaussement du lit constaté en aval des endiguements. Toutefois, ce phénomène peut être observable surtout lors de crues majeures.

- En aval de la base de loisirs, le lit est stable.
- Les abaissements constatés au droit de la confluence avec le torrent de Maraize et de l'ancienne gravière, devraient se combler progressivement.

5.10.2. RECAPITULATIF DES PROPOSITIONS

Dans le tableau suivant, sont reprises les propositions de gestion exposées sur le Petit Buëch pour les différents tronçons :

Secteur	Evolution	Action à prévoir	Action possible
Des gorges à l'amont des endiguements de la Roche	Tendance à l'abaissement en raison des extractions en vigueur en amont du village	Extractions limitées à 3000 m ³ /an dans la partie amont sur une superficie étendue	
Endiguement de la Roche des Arnauds	Tendance à l'engravement en amont du seuil de la canalisation Réengravement en aval de la RD 994	Surveillance de la section hydraulique en amont du seuil de la canalisation : curage si nécessaire. Surveillance de l'engravement dans l'endiguement étroit.	Abaissement de la crête du seuil de la canalisation. Abaissement du seuil situé à l'extrémité des digues.
Aval de la Roche au pont de Villard	Abaissement très prononcé du profil en long, rétablissement d'une dynamique équilibrée sur le long terme mais accentuation de l'érosion progressive.	Arrêt des extractions en cours si possible. Intervention après chaque grande crue au droit de la confluence Nacier-Moulin-Buëch	Mise en place d'un seuil en aval du pont de Villard
Du pont de Villard à la Béoux	Profil en long stable affecté dans la partie amont par l'érosion progressive.	Aucune extraction. Curage de la Sigouste en amont de la RD 994.	
De la Béoux à l'aval du camping d'Oze	Stabilité du lit jusqu'au seuil des Savoyons. Réengravement progressif dans l'endiguement. Possibilité d'exhaussement du lit en aval des digues.	Surveillance régulière de tous les ouvrages sur ce tronçon très affecté et de l'engravement dans l'endiguement. Intervention de curage au droit de la confluence avec la Béoux si capacité du lit trop faible. Extractions et recentrage du lit en aval des digues après chaque crue majeure.	Mise en place d'un seuil de stabilisation du profil en long dans l'endiguement de Veynes pour protéger les digues.
Du camping d'Oze au pont de Chabestan	Stabilité du lit. Epaisseur d'alluvions faible. Possibilité d'engravement en amont du pont.	Maintien des extractions en vigueur (5000 m ³ /an sur 7 sites).	
Du pont de Chabestan à la confluence avec le Grand Buëch	Erosion régressive enclenchée depuis l'ancien site d'exploitation, la marne a été atteinte.	Maintien des extractions en vigueur (5000 m ³ /an sur 7 sites), extractions très limitées sur le tronçon aval.	Mise en place d'un seuil à l'aval du pont de la Madeleine.

6. DIAGNOSTIC ET GESTION PAR SECTEUR TORRENT DE LA BEOUX

6.1. SYNTHÈSE

Le torrent de la Béoux a un fonctionnement dynamique équilibré présentant un phénomène de respiration important en amont de son affluent principal, le torrent du Rabioux. Les apports importants mais non réguliers de ce torrent en amont du défilé de Potrachon provoquent des exhaussements temporaires (phénomène de respiration du lit).

En aval du défilé de Potrachon, un tri granulométrique favorisé par un élargissement du cours d'eau engendre un abaissement sensible de la pente. La morphodynamique du lit est équilibrée et aucun signe d'évolution majeur du lit n'a été détecté.

L'évolution du lit doit être suivie sur au moins deux sites :

- En aval de Potrachon, au PK 6.5, les enrochements de protection de la route sont enfouis sous les enrochements, le lit est très large et la hauteur de berge est de 1,4 m,
- En amont du pont des Bas Etroits, où la présence du seuil, la contraction de la section hydraulique et la présence des enrochements de la station de pompage en aval immédiat du pont peuvent engendrer un phénomène d'engravement,
- En amont du pont de la RD 994 : à l'heure actuelle, la section d'écoulement semble suffisante (sous réserve d'une vérification), les abaissements observés en amont de ce pont et dus aux extractions vont se combler progressivement grâce aux apports amont du torrent.

En amont de la confluence avec le Rabioux, les phénomènes importants de respiration du lit peuvent justifier la réalisation d'extractions suivies et mineures. En effet, le déficit sédimentaire engendré par ce site d'extraction retarderait le retour à l'équilibre du tronçon aval.

6.2. AMONT DU PONT DE LA RD 937

En amont du village de La Cluse, le torrent de la Béoux et son affluent, le torrent de Mouche Chat, ont un faciès de torrent montagnard s'écoulant sur de fortes pentes. En amont immédiat du pont de la RD 937, la Béoux s'écoule dans une vallée très encaissée. Elle est alimentée par les matériaux des torrents amont et les versants où des signes de glissements et d'effondrements sont visibles. Le lit semble pavé.

6.3. DEPUIS LE PONT DE LA RD 937 JUSQU'AU DEFILE DE POTRACHON

6.3.1. DESCRIPTION DU TRONÇON

A l'aval du pont de la RD 937, la pente de la Béoux est de l'ordre de 3,75 %, elle s'écoule sur un lit riche en alluvions de granulométrie grossière. La vallée est très encaissée et la largeur d'écoulement ne dépasse pas 100 m. Il n'y a pas de signe d'évolution importante du lit sur ce tronçon, la Béoux s'écoule suivant un bras unique.

Dans la partie aval de ce tronçon, la Béoux reçoit le torrent du Rabioux en rive gauche en amont immédiat du verrou rocheux de Potrachon. Ce torrent apporte de très gros blocs issus des éboulis vifs, son cône de déjection, végétalisé en partie est très large et témoigne d'une activité torrentielle spectaculaire. Vers 1956-1957, l'activité du Rabioux a engendré l'ensevelissement de l'ancienne route montant à La Cluse, son cône de déjection était déjà entièrement dévasté en 1956.

Les apports du Rabioux, bloqués par le verrou rocheux de Potrachon, sont remobilisés progressivement par la Béoux mais pas immédiatement après une crue de ce torrent. Ce phénomène de reprise progressive entraîne des exhaussements ou des abaissements temporaires du lit de la Béoux en amont de la confluence. C'est un phénomène de respiration du lit, phénomène naturel de recherche d'une pente d'équilibre suivant les conditions d'apports liquides et solides de ce torrent. Le cône de déjection du Rabioux est d'ailleurs entaillé sur plus de 10 m de hauteur par la Béoux, preuve que cette dernière remobilise les apports.

L'impact de la confluence avec le torrent du Rabioux est illustré sur les profils en long en annexe 4.

6.3.2. ENJEUX

La RD 937 longe la Béoux en rive droite sur tout le linéaire. Des murs de soutènement en béton ont été mis en place par endroit et ne présentent pas de signe de déstabilisation. La route passe désormais en surplomb au-dessus du cône de déjection du torrent du Rabioux par un tunnel creusé à même la roche et franchit la Béoux en aval par un pont très haut datant de 1960.

6.3.3. EVOLUTION DU LIT

Le profil en long sur ce tronçon est stable et devrait le rester sauf perturbation du transit sédimentaire. Les apports du torrent du Rabioux conditionnent le profil en long de la Béoux sur ce linéaire mais elle est capable de remobiliser ces apports, sinon la route en rive gauche serait ensevelie depuis longtemps. Les phénomènes de respiration du lit de la Béoux dus aux apports du Rabioux sont importants (crue de 1956) mais ne témoignent pas d'un déséquilibre du lit.

En outre, l'exhaussement temporaire de la Béoux en amont de la confluence peut s'avérer important. La hauteur de berge entre la route et les bancs d'alluvions sont de l'ordre de 1,2 m par endroit, ce qui peut justifier la préconisation d'extractions en quantité modérée

sur le moyen terme. En effet, ces extractions vont engendrer un déficit sédimentaire vers les tronçons aval.

6.3.4. MODE DE GESTION A PREVOIR

Ce site fait actuellement l'objet d'une demande d'extraction déposée par l'entreprise SAB. Après lecture de cette demande, il nous apparaît que les volumes demandés sont trop importants par rapport au site, aux apports de la rivière et aux conditions de fonctionnement dynamique des tronçons aval.

Le phénomène de respiration du lit en amont de la confluence engendre des exhaussements temporaires du lit qui peuvent entraîner en cas de crue de la Béoux, une menace pour la RD 937, bien que les zones inondables de ce torrent n'aient jamais été étudiées.

Les modalités d'extractions des matériaux sur ce site pourraient être les suivantes :

- 800 m de linéaire (cf. annexe 8),
- largeur moyenne de 50 à 60 m,
- profondeur maximale des extractions de 0,7 m.

Le volume maximum à extraire est de l'ordre de 35 000 m³ dont l'exploitation peut être étalée sur 8-9 ans. A l'issue de cette exploitation, un profil en long de la rivière devra être levé afin de connaître l'évolution du lit de la Béoux au droit des extractions et en aval.

6.4. DU DEFILE DE POTRACHON JUSQU'AU PONT DES BAS ETROITS

6.4.1. DESCRIPTION DU TRONÇON

A l'aval du défilé de Potrachon, la vallée de la Béoux s'élargit de façon importante (plus de 200 m par endroit). Malgré les apports grossiers du Rabioux, on observe une diminution de la pente (2,7 %). Cela montre que malgré des crues brutales, les apports du Rabioux restent faibles en cumul sur une longue période. Un phénomène de tri granulométrique est observable sur le terrain. Le lit est très riche en alluvions et présente un faciès d'écoulement en tresses.

La Béoux reçoit en rive droite les torrents de Salette et des Vaux dont les apports sont minimes.

L'aval du tronçon est caractérisé par le verrou rocheux des Bas Etroits où a été réalisé un pont. Sous ce pont, un seuil de dérivation permet d'alimenter un canal d'irrigation en rive gauche. Un engravement a été observé en 1986⁷ (cf. profil en long annexe 4) en amont de ce seuil, des curages ont dû être réalisés depuis (abaissement du lit entre 1986 et 2001).

⁷ Le profil en long de 1986 est issu de l'étude hydraulique de la déviation du CD 937 dans le lit majeur de la Béoux, SOGREAH, 1986.

6.4.2. ENJEUX

Sur tout le linéaire, la RD 937 a été construite dans les années 1996 dans le lit majeur rive gauche de la Béoux. En raison de glissement de terrain du versant gauche, elle n'a pu être collée à la montagne. Sa position en lit majeur du torrent entraîne un étranglement des écoulements et des possibilités d'exhaussements locaux observables vers le PK 6.5. L'inondation de la RD 937 n'a pas été étudiée, son remblai est protégé par des enrochements.

Il existe également un passage à gué non aménagé au PK 6 permettant d'accéder à la ferme Coussac.

Le pont des Bas Etroits ainsi que le seuil de dérivation des eaux se situent à l'aval du tronçon. Ils ne présentent aucun signe de déstabilisation.

6.4.3. EVOLUTION DU LIT

Le lit ne devrait pas évoluer de façon spectaculaire, mis à part les exhaussements locaux décrits ci-dessus dans les sections étranglées de la Béoux.

Le seuil de dérivation situé au Bas Etroits (calé un peu haut dans le profil en long) ainsi que la diminution de largeur d'écoulement au droit de ce verrou rocheux, entraînent un engravement mineur en amont de cet ouvrage.

6.4.4. MODE DE GESTION A PREVOIR

Vers le PK 6.5, la hauteur de berge entre la route et les alluvions est de l'ordre de 1,4 m. Malgré la largeur de la Béoux, une surveillance de l'évolution du lit est à prévoir pour éviter une menace de la route.

En amont du pont des Bas Etroits, des profils en travers doivent être mis en place afin de vérifier l'engravement du lit de la Béoux pour éviter une menace de submersion du pont lors d'une crue.

6.5. DU PONT DES BAS ETROITS A LA CONFLUENCE AVEC LE PETIT BUËCH

6.5.1. DESCRIPTION DU TRONÇON

A l'aval du verrou rocheux des Bas Etroits, la Béoux rentre dans la plaine de Montmaur et sa pente d'écoulement diminue à 2,26 %. La largeur du lit est d'environ une centaine de mètres entre la RD 937 et la rive droite occupée par des terrains cultivés protégés par endroit par une digue ancienne.

A l'état naturel, la confluence avec le Petit Buëch devait se faire sur plus de 1 km de large. Une digue en rive droite oriente désormais les écoulements sous les ponts de la RD 994 et SNCF. L'endiguement en rive droite se poursuit jusqu'aux digues de Veynes. En amont de la route, la rive gauche est occupée par la zone d'activité du Boutariq. Après comparaison entre les photos aériennes de 1956 et 2001, il apparaît que le site d'entreposage de bois

empiète dans le lit mineur de la Béoux ainsi que la casse automobile située en aval de la voie SNCF en rive gauche.

Sur ce tronçon le lit est très riche en alluvions de taille hétérogène (phénomène de tri granulométrique) et au droit d'un épi situé en rive gauche, qui renvoie les écoulements sur la rive opposée, on note la présence de bancs d'alluvions importants dans le lit mineur.

L'analyse des profils en long amène à noter que le lit de la Béoux sur ce secteur est stable, mis à part l'abaissement observé entre 1986 et 2001 dû aux extractions menées en amont du pont de la RD 994 entre 1986 et 1991. Cet abaissement est de l'ordre de 0,5 m à 1 m. Des monticules d'alluvions sont encore présents dans le lit de la Béoux en amont de la RD 994, y aurait-il encore des extractions non autorisées ?

6.5.2. ENJEUX

En aval immédiat du pont des Bas Etroits, en rive droite, prend place une station de pompage de la ville de Veynes prélevant la nappe de la Béoux pour l'alimentation en eau potable. Ce site est protégé par des enrochements posés en risberme et qui empiètent dans la section hydraulique aval du pont des Bas Etroits. Leur présence peut créer une perte de charge en amont.

Sur une partie du tronçon, la RD 937 a été construite dans les années 1996, dans le lit majeur rive gauche de la Béoux sur d'anciennes digues. Le remblai est protégé sur tout le linéaire par des enrochements et un grillage posé sur le talus, ainsi que des épis qui renvoient le lit en rive droite.

La zone d'activité du Boutariq située en rive gauche en amont immédiat de la RD 994 semble être menacée par les inondations provoquées par une remontée de la ligne d'eau, conséquence de l'étranglement de la section par les ponts aval.

En rive droite, d'anciennes digues sont encore visibles, leurs constructions étaient motivées par le gain de terres cultivables en bordure de rivière. La hauteur de digue est assez faible mais le lit ne semble pas s'engraver.

6.5.3. EVOLUTION DU LIT

Les abaissements provoqués par les extractions en amont de la RD 994 représentent encore un volume de 150 000 m³ de matériaux à combler par rapport à l'état de 1986.

Les abaissements actuels vont être comblés progressivement par les apports amont du torrent de la Béoux. Cet ajustement devrait se faire dans les 20 à 40 années à venir.

6.5.4. MODE DE GESTION A PREVOIR

Le remous solide engendré par l'étranglement de la section hydraulique des deux ponts devrait provoquer un engrèvement très progressif en amont du pont. A l'heure actuelle, le niveau du lit semble bas, par contre un suivi de profils en travers bornés est nécessaire en amont du pont afin d'intervenir pour dégager une section hydraulique suffisante pour une crue centennale. Celle-ci devra d'ailleurs être définie.

En tous les cas, le transit sédimentaire de la Béoux doit être le moins possible perturbé car les matériaux de ce torrent sont nécessaires au retour d'un équilibre dynamique du Petit Buëch dans l'endiguement de Veynes (cf. § 5.7).

6.6. REPRESENTATION DE L'EVOLUTION DU COURS D'EAU

6.6.1. EVOLUTION DU LIT

Sur le graphique de la page suivante, les extractions menées entre 1986 et 1996 en amont du pont de la RD 994 ont été simulées. Il apparaît que le lit de la Béoux va reprendre progressivement son équilibre antérieur. Les apports amont du torrent vont venir combler l'abaissement du lit mais le phénomène d'érosion régressive va engendrer une tendance à l'abaissement en aval du pont des Bas Etroits. Le torrent va tendre vers son profil en long d'équilibre.

Toutefois, le remous solide engendré par la contraction de la section hydraulique au niveau des deux ponts impliquera un exhaussement qu'il faudra traiter suivant la section hydraulique minimum à dégager.

6.6.2. EVOLUTION DU TRANSIT SEDIMENTAIRE

Le graphique suivant représente les volumes solides charriés par la Béoux sur chaque tronçon en amont du pont de la RD 994. L'ajustement de la pente du lit entraîne des surcreusements en aval du pont des Bas Etroits et des dépôts en amont du pont de la RD 994.

Par ailleurs, il s'avère que l'ajustement du profil en long entraîne une perturbation des apports de la Béoux au Petit Buëch. Cette perturbation existe depuis le début des extractions dans la Béoux soit 1986 et devait être beaucoup plus significative à la fin de l'exploitation. Les apports de la Béoux au Petit Buëch devaient être diminués au quart de leur valeur initiale, ce qui a entraîné des abaissements dans l'endiguement de Veynes (cf. § 5.7).

6.6.3. RECAPITULATIF DES PROPOSITIONS

Dans le tableau suivant, sont reprises les propositions de gestion exposées sur le torrent de la Béoux pour les différents tronçons :

Secteur	Evolution	Action à prévoir
Depuis le pont de la RD 937 au défilé de Potrachon	Profil en long stable, phénomène de respiration naturel en amont de la confluence avec le torrent de Rabioux.	Extractions à autorisées en amont du Rabioux (35000 m ³ sur 8-9 ans) selon les modalités exposées au § 6.3.4 et obligation de vérifier l'évolution de l'ensemble du torrent de façon régulière.
Du défilé de Potrachon au pont des Bas Etroits	Pas d'évolution flagrante du niveau du lit.	Surveillance de l'évolution du lit vers le PK 6.5. Surveillance de l'engravement en amont du pont des Bas Etroits et intervention de curage si nécessaire.
Du pont des Bas Etroits à la confluence avec le Petit Buëch	Comblement progressif des fosses d'extractions en amont de la RD 994.	Surveillance de l'engravement dû au remous solide de l'étranglement des deux ponts.

oOo

7.

DIAGNOSTIC ET GESTION PAR SECTEUR TORRENT DE MARAIZE

7.1. SYNTHÈSE

Les perturbations de la dynamique du torrent du Maraize sont très nettes sur le terrain. Elles sont essentiellement dues aux extractions massives menées sur ce torrent et dans une moindre mesure au reboisement du bassin versant à la fin du XIX^{ème} qui a entraîné une diminution de la production en matériaux.

Sur le torrent de Maraize, deux zones perturbées ont été distinguées. Elles sont séparées par une zone stable qui s'étend depuis le second gué jusqu'au seuil naturel en marne. Celui-ci maintient le profil en long en amont. Les deux secteurs perturbés sont les suivants :

- En aval du village du Saix, des abaissements de l'ordre de 2 m ont été observés. Ils sont sans doute la conséquence d'extractions sauvages menées dans le lit du Maraize en aval du village du Saix, conjuguées à la diminution des apports solides dus au reboisement. Un processus d'érosion régressive a engendré l'abaissement du lit en amont de la confluence avec le torrent de Poutelier.
- Au droit des ponts de la RD 148 et de la VC 5 jusqu'au droit de la traversée de la conduite éthylène, des abaissements de l'ordre de 2 m sont notables. Le lit est incisé dans la marne au droit des deux franchissements. En aval de ce secteur, le lit est stable jusqu'à la confluence avec le Petit Buëch.

Les observations de terrain ainsi que les analyses des profils en long de la rivière (annexe 5) amènent à la conclusion que les volumes extraits étaient largement supérieurs aux volumes effectivement autorisés. Etant donné le faible apport solide de la rivière (3 à 4000 m³/s), le retour à un équilibre dynamique équilibré du torrent sera très lent.

Les préconisations faites à la suite de ce diagnostic ont été élaborées dans le souci d'un retour vers l'équilibre dynamique naturel du lit du Maraize. Aucune extraction ne doit plus être réalisée dans le lit du Maraize afin de ne plus perturber le transit sédimentaire. Au droit des zones habitées, notamment vers le pont de la VC5, le réengrèvement doit être surveillé afin d'éviter tout risque d'inondation des lotissements situés en rive droite.

7.2. DEPUIS LE VILLAGE DU SAIX JUSQU'AU PONT DE LA RD 48

7.2.1. DESCRIPTION DU TRONÇON

Le torrent de Maraize reçoit le torrent de Poutelier en rive droite en aval immédiat du village du Saix.

Sur ce tronçon, les traces d'abaissement du lit sont flagrantes :

- La passerelle en amont de la confluence est fondée sur la marne, l'abaissement est de l'ordre de 1,3 m, le lit coule sur la marne,
- En aval de la confluence, les terrains cultivés situés sur des terrasses alluviales récentes en rive droite surplombent le lit de plus de 6 m de hauteur,
- Au droit de la salle des fêtes, le lit a été modifié, le chenal principal est repoussé en rive gauche, des monticules d'alluvions sont présents dans le lit mineur,
- Un gué muni de buses, situé en aval de la salle des fêtes présente une chute de 2 m à l'aval de son radier, les fondations sont découvertes. Construit en 1960, ce gué a été endommagé dans les années 1970-1980.

Les abaissements s'atténuent complètement au droit du deuxième gué situé au PK 6.65, qui n'est pas du tout aménagé. Aucune trace d'abaissement n'est visible jusqu'au pont de la RD 48 où le lit est stable.

Ce secteur abaissé en amont d'une zone stable (gué-RD48) laisse penser que le torrent de Maraize a pu faire l'objet d'extractions non déclarées en aval immédiat du village du Saix. Le reboisement des montagnes commencé en 1900 a permis de ralentir et de diminuer l'érosion des versants et donc les apports en matériaux au torrent de Maraize dont le nouvel équilibre n'est pas encore atteint. La conjugaison des deux phénomènes a entraîné cet abaissement spectaculaire en aval du village du Saix.

Le torrent de Maraize s'écoule suivant un bras unique méandrant entre les bancs d'alluvions. La ripisylve est quasi inexistante.

7.2.2. ENJEUX

En amont de la confluence avec le torrent de Poutelier, des terrains cultivés sont situés en rive droite protégés par d'anciennes digues. Les fondations de la passerelle sont à nu. En aval de cette confluence, le torrent de Maraize est bordé sur sa rive droite de terrains cultivés protégés parfois par des digues, la salle des fêtes du village de Saix est très exposée aux phénomènes d'érosion de la terrasse et à la divagation du torrent.

Il existe deux gués dont un aménagé et qui présente des signes de déstabilisation et un pont pour le franchissement de la RD 48.

7.2.3. EVOLUTION DU LIT

Les abaissements constatés en aval du village du Saix ont provoqué un basculement de la pente d'écoulement du torrent : un phénomène d'érosion progressive s'est enclenché mais

l'abaissement du lit n'a pas encore atteint le second gué. Au droit de ce dernier et au droit du pont de la RD 48, un léger abaissement devrait être constaté dans les années à venir (inférieur à 0,5 m) conséquence de l'érosion progressive qui devrait se confirmer.

Le lit va commencer à se réengraver lentement étant donné la faiblesse des apports par rapport à l'abaissement constaté. Ce réengrèvement débutera par l'aval du tronçon affecté et remontera progressivement.

Les apports solides des deux bassins versants de Maraize et de Poutelier en amont du village du Saix sont de l'ordre de 3000 m³/an. L'abaissement constaté en aval du village et qui est notable sur le profil en long en annexe 5, représente un volume de matériaux d'environ 270 000 m³. En considérant ces deux chiffres, le retour du profil en long du torrent vers son état à d'équilibre devrait être de plus de 50 années.

7.2.4. MODE DE GESTION A PREVOIR

Aucune extraction ne doit être pratiquée sur ce tronçon.

Etant donné le nombre d'années nécessaires à un retour proche de l'état de référence, la passerelle située en amont de la confluence Maraize-Poutelier devra faire l'objet d'un renforcement de ces fondations. Par ailleurs, l'enfoncement du lit en aval du torrent de Poutelier peut être à l'origine de la déstabilisation des berges et des terrasses cultivées en rive droite.

La salle des fêtes située en rive droite sur la plaine alluviale du torrent semble menacée par les divagations du torrent et les phénomènes d'érosion. Etant donné les enjeux, une série de petits épis peut être mis en place en rive droite afin de retarder l'érosion de la berge. Cet aménagement doit s'accompagner d'un recentrage du bras vif afin de l'écartier de la rive. La divagation du torrent est telle que ce type d'aménagement léger peut être insuffisant, il faudra alors se poser la question de la réalisation d'une protection lourde et coûteuse ou du déplacement du bâtiment.

7.3. DU PONT DE LA RD 48 A LA CONFLUENCE AVEC LE PETIT BUËCH

7.3.1. DESCRIPTION DU TRONÇON

En aval du pont de la RD 48, le torrent de Maraize s'écoule suivant un lit assez large puis rencontre un seuil marneux dans une vallée resserrée au droit de la ferme de Villard. Il s'élargit de nouveau à l'aval de ce passage. Au droit et à l'aval des ponts de la RD 148 et de la VC 5, le cours d'eau est de nouveau très étroit entre des terrasses hautes jusqu'à la passerelle de Trinquetaille et la confluence avec le Petit Buëch. Sur ce tronçon, le torrent de Maraize s'écoule suivant un bras unique figé dans les passages encaissés et s'écoulant entre les bancs d'alluvions sur les linéaires plus larges.

Des extractions ont été menées à l'aval du pont de la RD 48, au droit de la ferme des Spécies, motivées par la divagation prononcée du torrent sur ce tronçon et donc l'attaque des terrains cultivés. Cette exploitation de granulats a provoqué un déficit sédimentaire en aval et l'enclenchement d'un processus d'érosion progressive en aval du seuil marneux. Ce dernier maintient le profil en long à l'amont et les signes d'abaissement sont très

faibles. Par ailleurs, la comparaison des cartes de 1952 et 1997 confirme que la zone située en amont du seuil marneux est un secteur de dépôt de matériaux conditionné par la présence de ce dernier. Ce seuil marneux est également érodable et son abaissement bien que plus lent que dans les alluvions s'effectue au passage des crues et des matériaux.

Les apports du bassin versant amont ont été retenus dans le tronçon exploité et la dynamique en a été perturbée à l'aval. L'eau déchargée des matériaux a cherché à dissiper son énergie en remobilisant les matériaux du lit : c'est le phénomène d'érosion progressive.

Les conséquences de ce phénomène sont perceptibles sur le terrain :

- Enfouissement du lit du Maraize au droit des ponts de la VC 5 et de la RD 148 de plus de 1,5 m,
- Enfouissement du lit dans la marne 500 m en amont du pont de la RD 148 jusqu'au pont de la VC 5. Ce matériaux très friable se délite au passage des crues et le lit s'abaisse : l'équilibre du torrent est perturbé durablement, l'incision du lit dans la marne est irréversible.
- L'érosion progressive n'atteint pas la passerelle de Trinquetaille, ni le pont de Brieu.

Les abaissements considérables observés sur le terrain et le profil en long de la rivière amènent à penser que les volumes extraits étaient largement supérieurs aux volumes autorisés. En effet, le déficit notable sur le profil en long par rapport au profil de référence est de l'ordre de 200 000 m³.

7.3.2. ENJEUX

A l'aval du pont de la RD48, des blocs ont été placés pour protéger les deux berges.

Des terrains cultivés se situent de part et d'autre du torrent entre le pont de la RD 48 et celui de la RD 148. En amont du seuil marneux, les protections de berges sont très diverses : assemblage de pneus... Par ailleurs, les accès à la rivière sont ouverts, ce qui risque d'exposer le torrent à des extractions sauvages.

La conduite éthylène traverse le Maraize environ 1 km en amont du pont de la RD 148, elle est protégée par des enrochements sur les berges. Par contre, le calage de la conduite est à vérifier pour connaître la marge disponible entre le fond du lit et celle-ci, en cas d'extension du phénomène d'érosion. L'abaissement par rapport au profil en long de référence est de l'ordre de 1,5 m au droit de cette traversée.

En aval du pont de la RD 148, un lotissement commence à s'étendre en rive droite.

Les fondations des ponts de la RD 148 et du VC 5 sont à nues et sur la marne (matériau friable), ces ouvrages sont menacés à terme. Des projets de réhabilitation de ces deux ouvrages sont en cours.

La passerelle de Trinquetaille est dans un état critique, elle a été doublée immédiatement en aval d'un passage à gué en béton muni de buses. Au droit du pont de Brieu, le lit ne présente aucun signe d'abaissement.

7.3.3. EVOLUTION DU LIT

En amont du seuil naturel, aucune évolution particulière du lit n'est à prévoir.

En aval du seuil, l'ajustement de la pente du torrent ainsi que le déficit sédimentaire impliqué par le retour à l'équilibre du tronçon amont vont amener plusieurs réactions sur le profil en long :

- Le phénomène d'érosion progressive se poursuit et une tendance à l'abaissement est prévisible au droit de la passerelle de Trinquetaille,
- A droit du passage de la conduite éthylène, une tendance à l'abaissement de l'ordre de 0,5 m devrait être observable avant le réengrèvement progressif de ce tronçon.

Le seuil naturel étant constitué de marne, le passage des crues et des matériaux devrait favoriser son abaissement.

7.3.4. MODE DE GESTION A PREVOIR

Le site à l'aval de la RD48 fait actuellement l'objet d'une demande d'extractions. Si tous les acteurs souhaitent un retour de l'équilibre dynamique du torrent proche de l'état de référence, aucune extraction ne doit être pratiquée sur ce tronçon. Le secteur situé en aval du seuil marneux se rechargera progressivement.

Concernant les terrains cultivés en amont du seuil marneux, le secteur est une zone de dépôt préférentiel en raison de la présence de ce seuil. La divagation du torrent dans ce secteur est très importante mais les extractions menées sur ce site n'empêchent pas ce phénomène et au contraire peuvent l'amplifier. D'ailleurs, malgré les extractions, les anses d'érosion continuent à se former au droit des terrains agricoles. Afin de diminuer ces menaces d'érosion, il serait préférable de procéder au recentrage du bras vif dans le lit mineur après chaque grande crue : durant les crues dites ordinaires les berges ne sont pas attaquées, mais une crue majeure pourra faire basculer le lit et emporter des terres.

Etant donné les enjeux existants (lotissement en rive droite), le réengrèvement au droit des ponts de la RD 148 et de la VC 5 devra être surveillé afin d'assurer une section hydraulique suffisante pour laisser transiter la crue centennale.

La menace d'érosion du lit au droit du passage de la conduite éthylène implique une surveillance de l'évolution du lit sur ce site et la vérification de la cote de calage de cette canalisation. Les dommages créés à cette conduite pourraient entraîner une forte pollution du milieu naturel.

7.4. REPRESENTATION GRAPHIQUE DE L'EVOLUTION DU LIT ET DU TRANSIT SEDIMENTAIRE

Les graphiques présentés ci-après ont été construits grâce aux simulations effectuées sur le logiciel Cavalcad. Les résultats issus de ces simulations ne sont pas à considérer en valeurs absolues mais en tendance d'évolution du lit.

7.4.1. EVOLUTION DU LIT

Sur le graphique de la page suivante sont illustrées les évolutions du fond du lit par rapport à l'état de référence. L'hypothèse principale est l'arrêt et le non-renouvellement des extractions sur tout le linéaire du torrent de Maraize, la simulation démarre de l'état actuel.

La lecture de ce graphique appelle plusieurs commentaires :

- L'érosion progressive enclenchée en aval du village du Saix va engendrer une tendance à l'abaissement au droit du second gué et du pont de la RD 48. Le réengrèvement de ce secteur sera très lent.
- En amont du seuil naturel, le lit du torrent sera stable notamment en raison de la présence de ce seuil qui maintient le profil en long en amont.
- En aval de ce seuil, l'érosion progressive enclenchée par les extractions massives menées en amont du seuil naturel, va engendrer une tendance à l'abaissement au droit de la passerelle de Trinquetaille. Par ailleurs, au droit du passage de la conduite éthylène, le lit devrait connaître un abaissement supplémentaire d'environ 0,5 m qui pourrait menacer la stabilité de cet ouvrage.

7.4.2. EVOLUTION DU TRANSIT SEDIMENTAIRE

Sur le graphique de la page suivante, les volumes solides charriés par tronçon sont représentés. Les mêmes hypothèses que précédemment sont adoptées, la lecture du graphique appelle plusieurs commentaires :

- Le transit sédimentaire est perturbé en aval du gué n°2, la recharge se fait par érosion du lit jusqu'au pont de la RD 48,
- La recharge sédimentaire qui s'effectue au droit et en amont des ponts de la RD 148 et du VC 5, entraîne un déficit de matériaux dans le tronçon aval, les apports au Petit Buëch seront perturbés longtemps.

Les échelles de temps indiquées sur les deux graphiques précédents sont des ordres de grandeur qui supposent un fonctionnement régulier du torrent chaque année.

7.4.3. RECAPITULATIF DES PROPOSITIONS

Dans le tableau suivant, sont reprises les propositions de gestion exposées sur le torrent de Maraize pour les différents tronçons :

Secteur	Evolution	Action à prévoir	Action possible
Du village du Saix au pont de la RD48	Comblement très lent des abaissments constatés en aval du village. Le phénomène d'érosion progressive atteindra le pont de la RD 48.	Aucune extraction sur ce tronçon. Aménagement léger du lit au droit de la salle des fêtes, surveillance de l'évolution du lit.	A terme et suivant la divagation du torrent : protection lourde de la salle des fêtes ou déplacement du bâtiment.
De la RD 48 à la confluence avec le Petit Buëch	Incision du lit dans la marne depuis 500 m en amont de la RD 148 jusqu'au VC 5. Le phénomène d'érosion progressive devrait atteindre la passerelle de Trinquetaille.	Aucune extraction sur ce site. Protection des ouvrages de franchissement (VC5 et RD148). Surveillance de l'engravement du lit au droit du VC5 (lotissement en rive droite). Détermination du calage de la conduite éthylène, surveillance de l'enfoncement du lit au droit de cette canalisation.	

oOo

BIBLIOGRAPHIE

- Conseil Général des Hautes Alpes-DDE 05, Schéma d'aménagement du Petit Buëch, SIMECSOL/DARAGON, mai 1992.
- Laboratoire de Géographie CNRS de Meudon-Centre de Géographie Physique de Nanterre, Thèse « recherches sur la morphologie et la dynamique fluviales dans le bassin du Buëch, Emmanuèle GAUTIER, janvier 1992.
- DDE 05, vérification du fonctionnement du seuil au passage de la crue centennale et proposition d'aménagements éventuels-étude hydraulique, Sud Aménagement Agronomie, octobre 1996.
- BRGM, dossier de demande d'autorisation d'exploitation de granulats.
- DDE 05, torrent de la Béoux-étude hydraulique de la déviation du CD 937 dans le lit majeur, SOGREAH, juillet 1986.
- CLAVEL EMERY, demande d'autorisation de dragage dans le Petit Buëch, Assistance Pro-G, avril 1997.
- SAB, demande d'autorisation de dragage dans le Petit Buëch, Assistance Pro-G.
- SAB, demande d'autorisation de dragage dans la Béoux, Assistance Pro-G, 2001.
- PITONEAU, demande d'autorisation de dragage dans le torrent de Maraize, Assistance Pro-G, 2001.
- DDE 05, étude du transport solide sur le Buëch Aval, SOGREAH, octobre 2001.

oOo

ANNEXE 1
PLAN DE SITUATION

ANNEXE 2
COURBES DES DEBITS CLASSES SUR LE BUËCH

ANNEXE 3
PROFIL EN LONG DU PETIT BUËCH

ANNEXE 4
PROFIL EN LONG DU TORRENT DE LA BEOUX

ANNEXE 5
PROFIL EN LONG DU TORRENT DE MARAIZE

ANNEXE 6
PLANCHES MORPHOLOGIQUES

ANNEXE 7
LOCALISATION DES SITES D'EXTRACTIONS EN COURS

ANNEXE 8
LOCALISATION DU SITE D'EXTRACTIONS POTENTIEL
SUR LE TORRENT DE LA BEOUX