



EAU ET ENVIRONNEMENT

09HYD04

Note de présentation



ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE RELATIVE A LA
VALLEE DU VAIOPU A PUNAAUIA

EURL TAHAA 2

Juin 2009

ADVOCAT Céline
BP 62900 FAAA Centre
Vini 71 66 58
E-mail advocat@mail.pf

VAIAD
Ingénieur conseil
N° RC 42765A
N° Tahiti 579771

SOMMAIRE

1. CADRE ET OBJET DE L'ETUDE.....	1
2. ETUDES PRELIMINAIRES	2
2.1. Recueil de données et enquêtes.....	2
2.1.1. Cartographie et topographie.....	2
2.1.2. Documents réglementaires.....	2
2.1.3. Etudes antérieures.....	3
2.1.4. Enquête auprès de la Direction de l'Equipement.....	4
2.2. Reconnaissances de terrain.....	4
2.2.1. Cours d'eau.....	4
2.2.2. Bassin versant et occupation du sol.....	9
2.3. Etude hydrologique.....	10
2.3.1. Caractéristiques des bassins versant.....	10
2.3.2. Coefficients de ruissellement.....	12
2.3.3. Débits instantanés	13
2.4. Etude hydraulique.....	14
2.4.1. Ouvrages associés à la RDC et la RDP.....	14
2.4.2. Données topographiques et géométrie du cours d'eau	14
2.4.3. Evaluation des capacités	14
2.4.4. Dynamique du Vaiopu.....	15
2.4.5. Dysfonctionnements prévisibles	15
3. DIAGNOSTIC, OBJECTIFS ET CONTRAINTES	17
3.1. Diagnostic hydraulique	17
3.1.1. Capacité du lit et risques de dysfonctionnements.....	17
3.1.2. Aléa inondation	17
3.2. Vulnérabilité et seuil de protection	18
3.3. Incidence de l'urbanisation programmée ou potentielle	19
3.4. Objectifs et contraintes d'aménagement.....	20

4. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT21

4.1. Présentation des scénarii21

4.2. Travaux sur le lit du Vaiopu 22

 4.2.1. Définition des débits de projet 22

 4.2.2 Recalibrage 22

4.3. Création d'un nouveau collecteur.....24

 4.3.1. Incidence de la création d'un nouveau collecteur sur les débits de pointe24

 4.3.2. Dimensionnement 25

4.4. Ecrêtement.....26

 4.4.1. Méthodologie.....26

 4.4.2. Mise en oeuvre.....26

 4.4.3. Résultats 27

4.5. Descriptif des scénarii.....28

 4.5.1. Mesures communes aux scénarii28

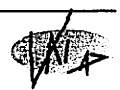
 4.5.2. Scénario A.....30

 4.5.3. Scénarii B.....30

 4.5.4. Scénario C30

5. CONCLUSION31

ANNEXE32



1. CADRE ET OBJET DE L'ETUDE

Le bassin versant du Vaiopu est en cours d'urbanisation : après l'aménagement du lotissement VAIOPU 1 (tranche 1 et 2), le lotissement VAIOPU 2 se construit tandis que le lotissement Vaiopu 3 est en projet. De plus, de nombreuses parcelles ont fait l'objet de terrassements sur le versant et la crête nord et le long du cours aval du torrent Vaiopu.

Le lit du Vaiopu quant à lui a fait par le passé l'objet d'aménagement et notamment d'une déviation.

A la demande de la Direction de l'Équipement et du Service de l'Urbanisme, le consort SAGE a souhaité disposer d'une étude hydrologique et hydraulique à l'échelle du bassin versant permettant :

- de diagnostiquer le torrent Vaiopu,
- d'évaluer l'incidence de l'urbanisation du lotissement Vaiopu 2 et des autres projets à court terme,
- de proposer au niveau pré faisabilité des travaux d'aménagement du lit du torrent permettant la mise en sécurité des bâtis existants et le cas échéant des mesures compensatoires à l'urbanisation future programmée.

2. ETUDES PRELIMINAIRES

2.1. Recueil de données et enquêtes

2.1.1. Cartographie et topographie

Le fond cartographique est constitué de la dernière mise à jour de la carte 1/2000 recueillie auprès du Service de l'Urbanisme (2002).

Les délimitations du lotissement VAIOPU 2 en cours d'aménagement et du lotissement VAIOPU 3 en projet ont été recueillies auprès du GEGDP.

Aucun levé topographique du cours d'eau n'a pu être recueilli à l'instar des plans de terrassement des crêtes et versant nord du Vaiopu et du fond de vallée.

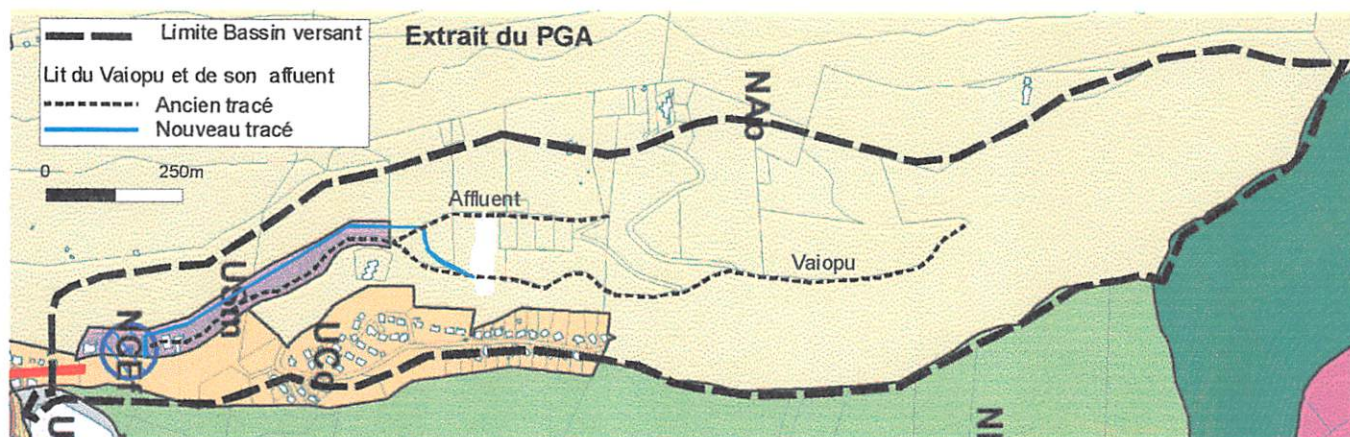
Afin d'actualiser au mieux l'occupation du sol du bassin versant, une photographie aérienne de 2007 a été consultée sur le site Google Earth (cliché plus récent non disponible au Service de l'Urbanisme).

2.1.2. Documents réglementaires

Le PGA et le PPR ont été recueillis auprès du Service de l'Urbanisme.

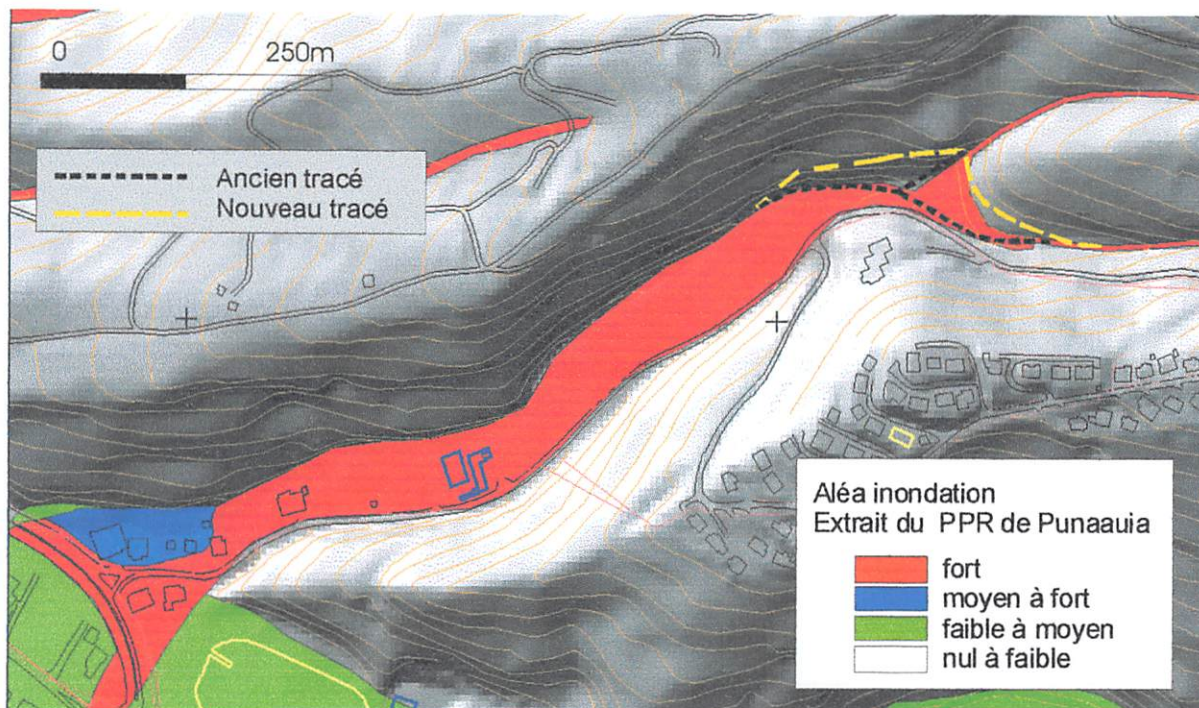
Au titre du PGA, l'ensemble du bassin versant du Vaiopu se situe en future zone d'urbanisation des plateaux (NAb) à l'exception :

- du lotissement Vaiopu 1 et du versant sud-ouest, situés en zone résidentielle de plateau (UCc),
- de la zone délimitée par la route de desserte de la vallée et par le lit du Vaiopu en aval de son principal affluent, située en zone d'activités secondaires (USm).



Ainsi, le bassin versant du Vaiopu serait appelé à être à terme entièrement urbanisé (à vocation résidentielle majoritairement).

Au titre du PPR, l'ensemble de la vallée du Vaiopu en aval de son confluent avec son principal affluent est situé en zone d'aléa fort inondation. Le zonage au niveau de l'ancien confluent ne tient pas compte de la dérivation du cours d'eau.



2.1.3. Etudes antérieures

Une étude d' Aménagement du Vaiopu aval a été réalisée en juin 1999 par BCEOM à la demande de la Direction de l'Équipement.

L'objet de l'étude était la résolution des dysfonctionnements sur le cours aval du Vaiopu (de la future RDP en pied de versant à l'aval de la RDC). Ces dysfonctionnements trouvaient leur source dans le gabarit insuffisant des ouvrages et leur colmatage par des matériaux (graves, galets et blocs de pierre).

Les aménagements préconisés étaient un piège à matériaux en pied de versant et le recalibrage des ouvrages aval :

- le seuil équipant le piège à matériaux a été dimensionné pour une crue centennale sous hypothèse d'une saturation du dégraveur (le piège dispose d'un volume de stockage de 500m³),
- le recalibrage et l'aménagement de l'ouvrage de la RDC pour une crue centennale,
- le maintien de la section de la l'ouvrage de la RDP moyennant des aménagements pour permettre le transit en charge de la crue centennale.

Les débits évalués sont 10m³/s pour le débit décennal et 20 m³/s pour le débit centennal (issus de la mise en œuvre d'une modélisation de la relation pluie-débit).

Ces aménagements ont été réalisés.

2.1.4. Enquête auprès de la Direction de l'Équipement

La Subdivision Territoriale de Tahiti, responsable de l'entretien du piège à matériaux attenant à la RDP a été contactée. Elle ne dispose pas de chroniques des volumes extraits du piège.

Le Groupement d'études et Gestion du Domaine Public nous a signalé l'inondation d'une maison en amont (lotissement Vaiopu 2) et les travaux de déviation du cours d'eau qui ont été réalisés sans autorisation.

2.2. Reconnaissances de terrain

Les reconnaissances de terrain ont permis :

- de reconnaître ponctuellement le Vaiopu au droit des zones urbanisées et des ouvrages de traversée dans le but d'identifier d'éventuels dysfonctionnements et de lever les caractéristiques du lit.

Les reconnaissances du cours d'eau ne sont donc pas exhaustives. Elles n'ont pu être que ponctuelles en raison des problèmes d'accessibilité du lit dus :

- à la topographie (chutes importantes),
 - à la clôture des plateformes le long de la zone d'activités
 - à la végétation encombrante,
- d'identifier l'occupation du sol du bassin versant en complément des données disponibles,
 - d'identifier les réseaux d'assainissement pluvial susceptibles de modifier les limites des bassins versants.

Les planches 1/2500 présentées ci après répertorient les reconnaissances relatives au lit du Vaiopu et aux réseaux d'assainissement pluvial identifiés. Les sections relevées sont présentées en annexe.

2.2.1. Cours d'eau

Bien que les reconnaissances du cours d'eau ne soit pas exhaustives, elles permettent d'établir les constats suivants.

Le profil en long du Vaiopu est très accidenté présentant de nombreuses chutes de plusieurs mètres de dénivelés, des seuils et des tronçons de pente élevée.

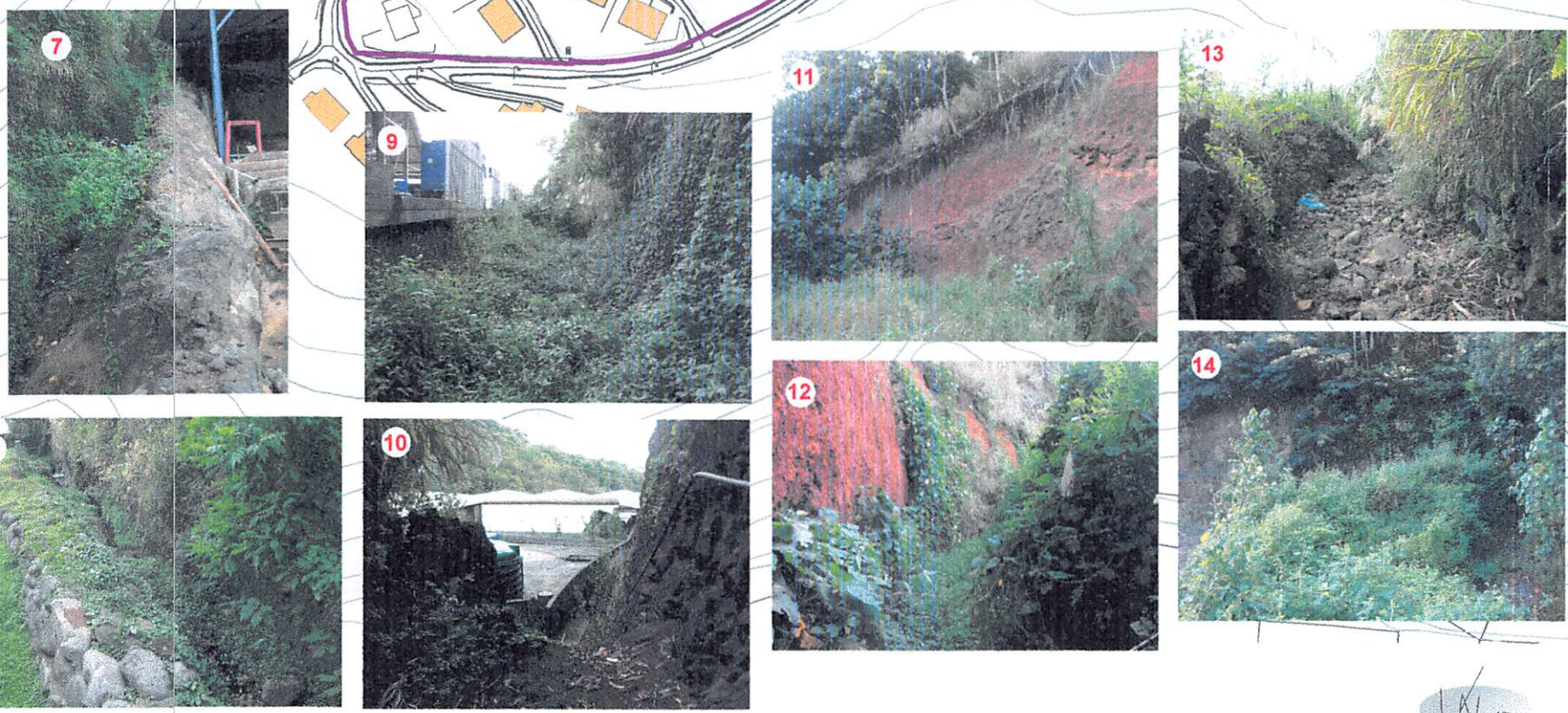
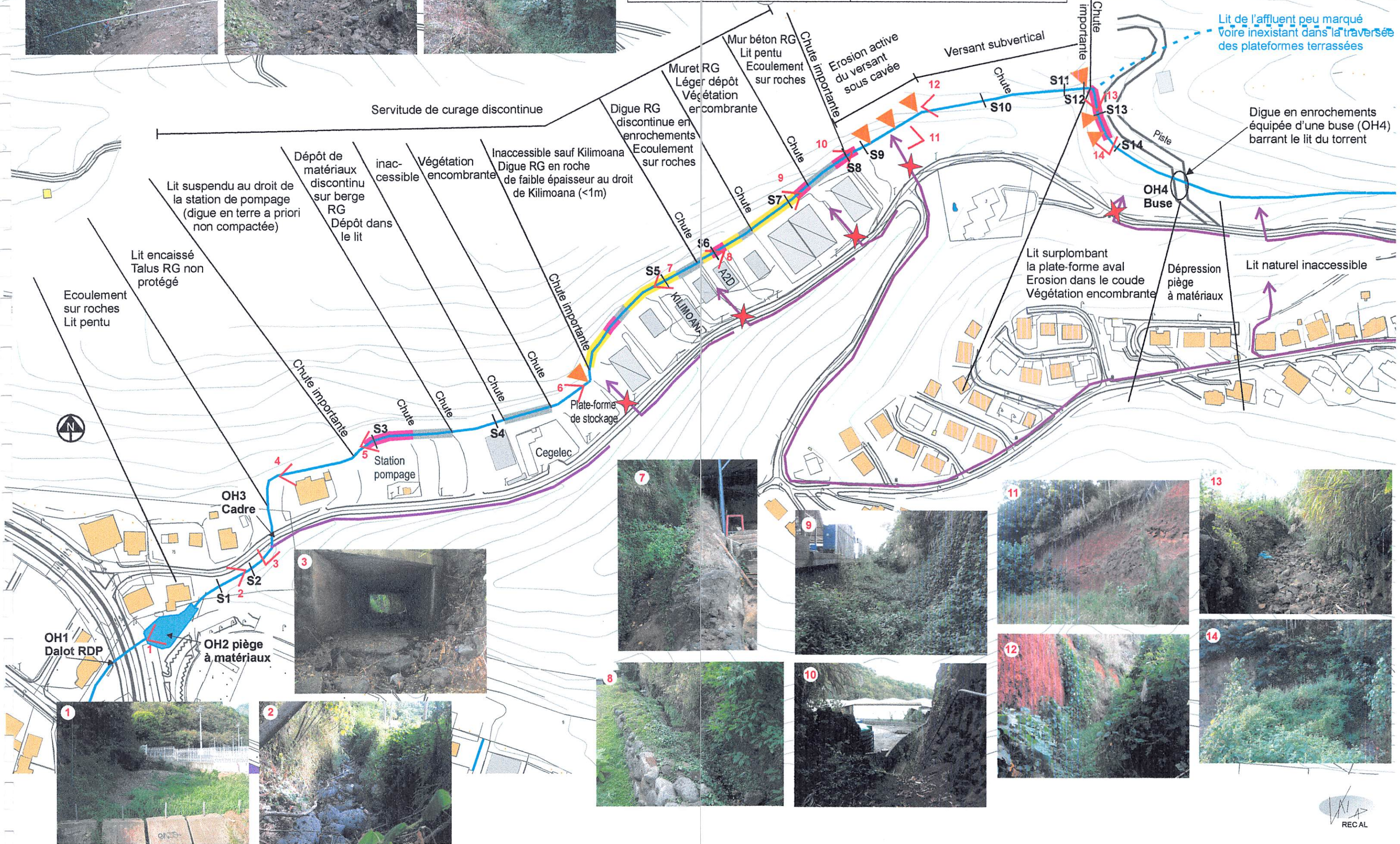
Le fond du lit est constitué alternativement de roches et de cailloutis.

Sur son cours aval, le lit a été aménagé et repoussé vers le versant rive droite. Des chutes ponctuent le lit, notamment entre chaque plateforme de la zone d'activités.

Le lit est localement suspendu par rapport aux plateformes qu'il borde, principalement au droit de la station de pompage et au droit de l'ancien confluent.

Le lit a une section trapézoïdale simple. Les sections levées sont consignées en annexe.

	Cours d'eau		Erosion
	Lit suspendu		Photographie N° i
	Lit endigué		Section d'écoulement relevée i
	Lit non reconnu		Ouvrage hydraulique i
	Collecteur eaux pluviales (EP)		
	Exutoire EP colmaté		



Lit de l'affluent peu marqué voire inexistant dans la traversée des plateformes terrassées

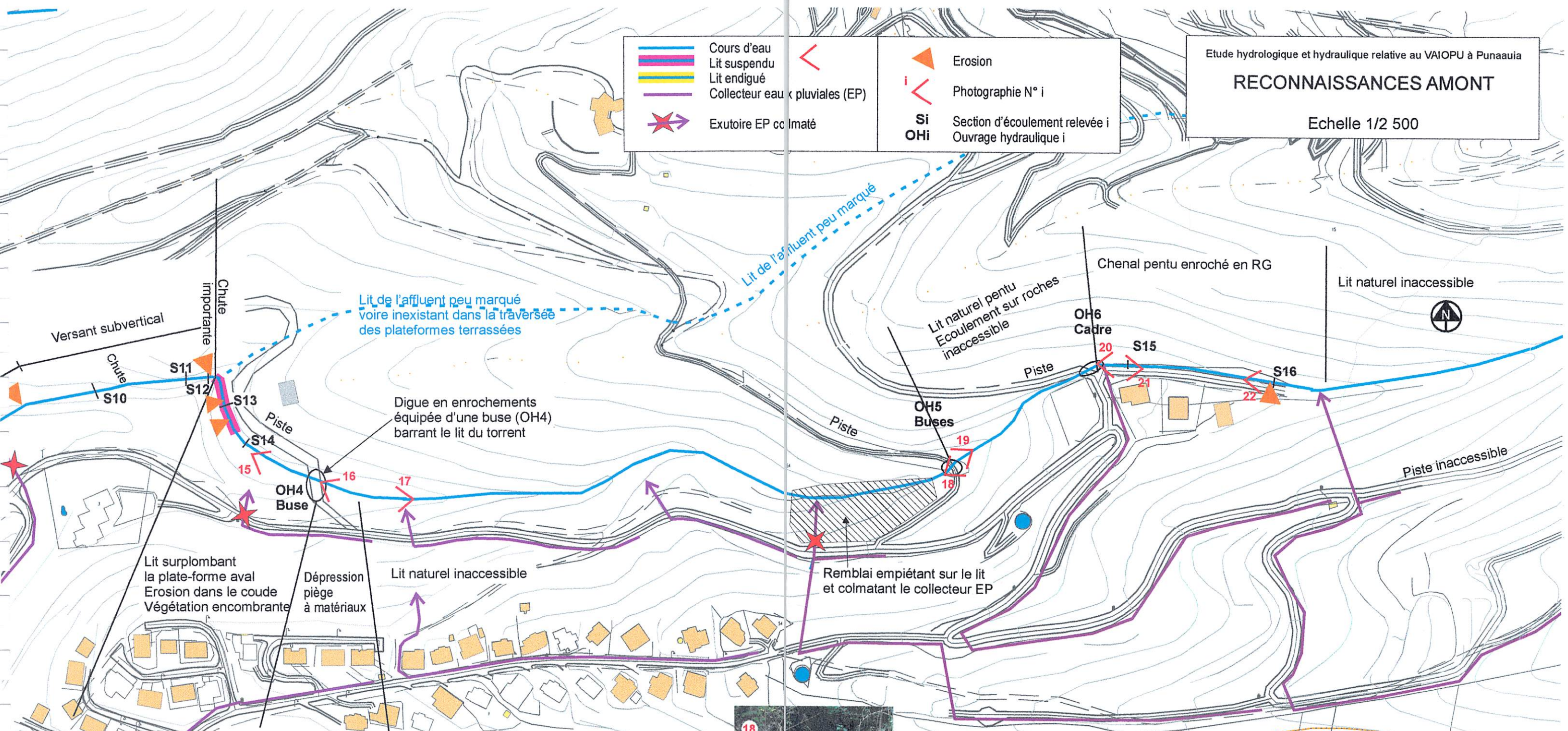
Digue en enrochements équipée d'une buse (OH4) barrant le lit du torrent

Lit surplombant la plate-forme aval Erosion dans le coude Végétation encombrante

Dépression piège à matériaux

Lit naturel inaccessible

	Cours d'eau		Erosion
	Lit suspendu		Photographie N° i
	Lit endigué		Section d'écoulement relevée i
	Collecteur eaux pluviales (EP)		Ouvrage hydraulique i
	Exutoire EP colmaté		



Au droit de la zone d'activités, la berge rive droite se situe dans le prolongement du versant et la berge rive gauche est tantôt naturellement encaissée ou localement endiguée (mur béton, mur parpaings, enrochements, roche, digue en terres).

La partie haute de la zone d'activités déjà urbanisée présente une berge rive gauche majoritairement endiguée avec un lit généralement suspendu sur l'extrémité amont des plateformes.

Les reconnaissances ne permettent pas de statuer de la stabilité des digues qui bordent le lit du Vaiopu sur son cours aval dont les principales sont :

- digue en terre au droit de la station de pompage,
- digue en roche de faible largeur (moins d'1m) au droit de la plateforme Kilimoana (suite au déroctage réalisé par le propriétaire) et non étanche (trous dans la roche et évacuation des eaux pluviales en pied de digue),
- Muret en parpaings sur l'amont,
- Digue en terre et roches masquée par la végétation en amont immédiat du confluent.

Plusieurs zones d'érosion ont été identifiées. Elles ne sont exhaustives en raison du masquage important des berges par la végétation :

- dans l'extrados du coude en amont du confluent (sapement en rive gauche)
- Au pied de la chute en aval du confluent (sapement en rive droite)



- Enfin, le radier du pont OH3 sur la route d'accès à la vallée qui a été érodé lors de la crue de 1998.



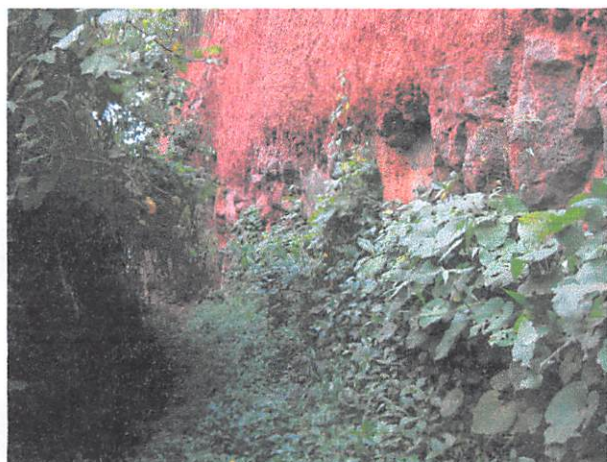
Les zones potentielles productrices de matériaux et végétaux susceptibles de créer des embâcles sont :

- le lit naturel situé en amont du chenal canalisé OH6-S14,
- le lit naturel situé en amont du pont OH5. Ce dernier, constitué de 2 buses $\Phi 1000$, est sensible au risque de colmatage,
- le lit naturel situé tronçon situé en amont de la buse $\Phi 2500$. La création d'une large fosse en amont de la route-digue constitue un piège à matériaux qui permet de réduire les risques au niveau de la buse qui, non lisse, peut favoriser le piégeage des bois malgré son diamètre important.



Fosse en amont de OH4 vue de la route-digue

- le versant rive droite du Vaiopu le long de la zone d'activités jusqu'au confluent qui est généralement abrupte. Sur l'amont, le versant est subvertical et est localement le siège d'une érosion active.



Berge et versant rive droite en amont du premier hangar situé sur le haut de la zone d'activités







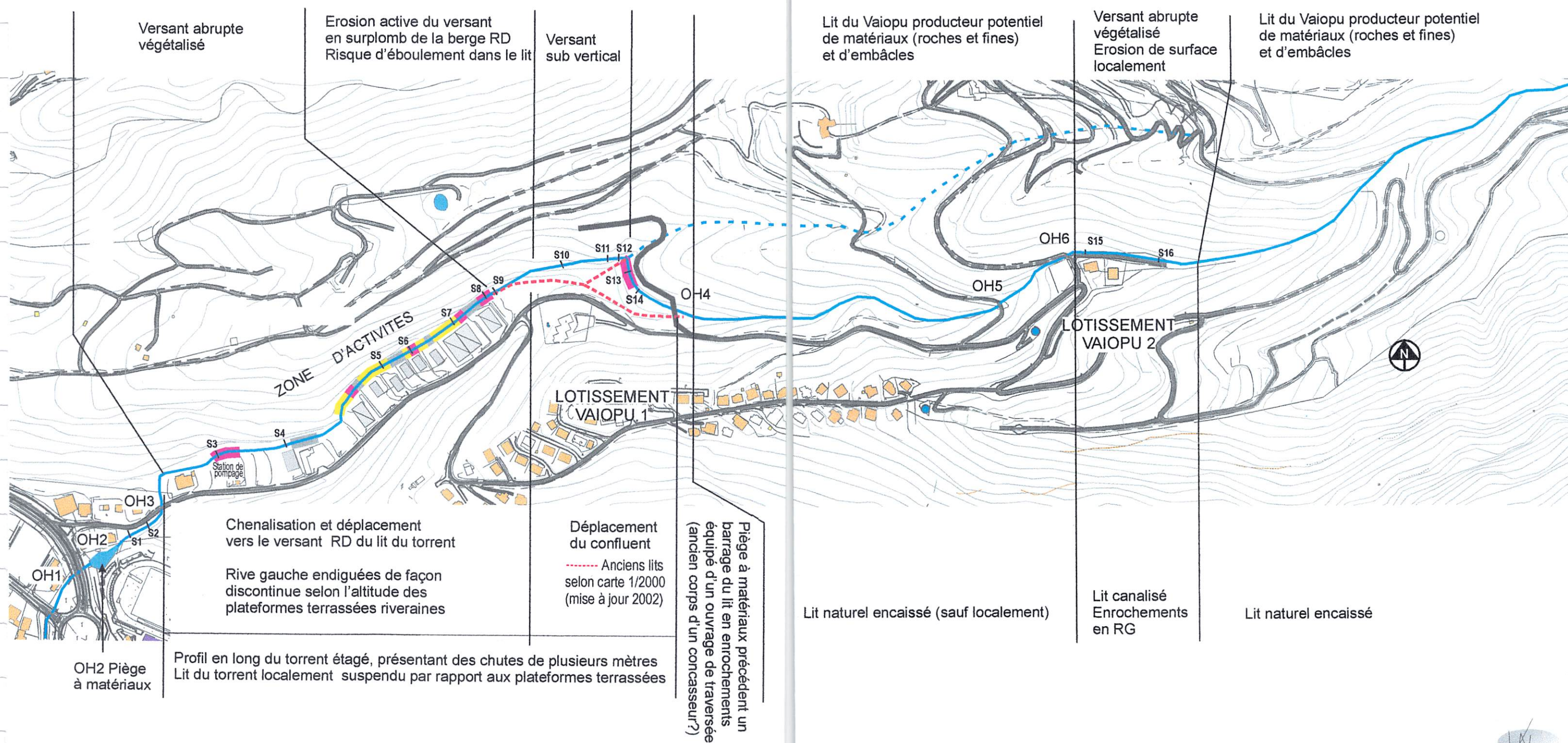
Versant rive droite en aval proche du confluent

La planche ci après synthétise les reconnaissances de terrain relatives au lit du Vaiopu.

**SYNTHESE des CONNAISSANCES
RELATIVES AU LIT DU VAIOPU**

Echelle 1/5 000

-  Lit suspendu (% RG, non exhaustif)
-  Lit endigué (% RG non exhaustif)
-  Lit non accessible
-  Principal affluent (lit discontinu)
- OH Ouvrage hydraulique transversal



Versant abrupte végétalisé

Erosion active du versant en surplomb de la berge RD
Risque d'éboulement dans le lit

Versant sub vertical

Lit du Vaiopu producteur potentiel de matériaux (roches et fines) et d'embâcles

Versant abrupte végétalisé
Erosion de surface localement

Lit du Vaiopu producteur potentiel de matériaux (roches et fines) et d'embâcles

Chenalisation et déplacement vers le versant RD du lit du torrent
Rive gauche endiguées de façon discontinue selon l'altitude des plateformes terrassées riveraines

Déplacement du confluent
----- Anciens lits selon carte 1/2000 (mise à jour 2002)

Piège à matériaux précédent un barrage du lit en entrochements équipé d'un ouvrage de traversée (ancien corps d'un concasseur?)

Lit naturel encaissé (sauf localement)

Lit canalisé
Entrochements en RG

Lit naturel encaissé

OH2 Piège à matériaux

Profil en long du torrent étagé, présentant des chutes de plusieurs mètres
Lit du torrent localement suspendu par rapport aux plateformes terrassées

2.2.2. Bassin versant et occupation du sol

L'occupation du sol identifié sur la base de photo aérienne a été mise à jour dans la mesure du possible (accessibilité) par reconnaissances de visu. La situation des ensembles résidentiels ou terrassés est grossière. Elle est figurée sur la planche 1/10000 « Bassin versant, découpage et occupation des sols » présentée au paragraphe 2.3.

L'identification des réseaux d'assainissement pluvial a permis la délimitation des bassins versants. Le principe retenu lors de leur aménagement est la multiplication des rejets dans le lit du Vaiopu afin de limiter la taille des collecteurs. On notera toutefois que 6 collecteurs sont sujets à des dysfonctionnements en raison du colmatage de leur exutoire :

- du à des travaux de terrassement pour 5 d'entre eux, qui ne semblent pas avoir été associés au prolongement des ouvrages de rejet jusqu'au lit du Vaiopu,
- du à un fil d'eau aval trop bas par rapport au fil d'eau du lit du Vaiopu pour le principal collecteur du lotissement Vaiopu1.

Les photographies ci-après permettent de visualiser l'incidence du colmatage des collecteurs lors d'un épisode pluvieux (mars 2009).



Écoulement sur la route d'accès à la vallée



Perte de charge au droit d'un exutoire colmaté

Notons enfin l'absence de collecteur permettant de rétablir la continuité du principal affluent du Vaiopu suite à des travaux de terrassement (création de plateformes).

2.3. Etude hydrologique

2.3.1. Caractéristiques des bassins versant

Le découpage du bassin versant est indiqué sur la planche ci-après. Il fait l'hypothèse d'un bon fonctionnement des collecteurs d'assainissement pluvial (rétablissement des exutoires).

Les nœuds de calcul retenus sont les suivants :

- N1 Vaiopu au droit de la RDC (piège à matériaux),
- N2 Vaiopu en tête de la zone d'activités, en aval immédiat du confluent avec le principal collecteur du lotissement Vaiopu 1,
- N3 Vaiopu au droit du confluent avec son principal affluent
- N4 Vaiopu au droit de l'ouvrage OH4
- N5 Vaiopu au droit de l'ouvrage OH6

Ne disposant pas de photographie aérienne permettant la mise à jour de l'occupation du sol du bassin versant, les superficies retenues correspondant aux différentes occupations des sols sont approximatives. Elles correspondent au zonage proposé sur la planche 1/10000 ci-après.

Différents états ont été simulés :

- Etat actuel (futur court terme)
 - la zone d'activités est urbanisée à 60%, ce qui correspond à l'état d'occupation actuel,
 - le lotissement VAIOPU2 est urbanisé à 100%, ce qui correspond à un état futur proche, la totalité des parcelles n'étant pas encore construite.
- Etat futur programmé
 - la zone d'activités est urbanisée à 100%
 - Le lotissement VAIOPU3 est urbanisé à 100%
 - les zones terrassées actuelles supportent une urbanisation de type résidentiel peu dense
- Etat futur potentiel (selon PGA)
 - la zone d'activités est urbanisée à 100%
 - le lotissement VAIOPU3 est urbanisé à 100%
 - la totalité du bassin versant non urbanisée supporte une urbanisation de type résidentiel peu dense

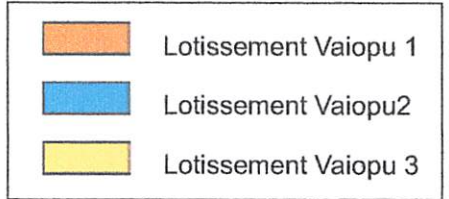
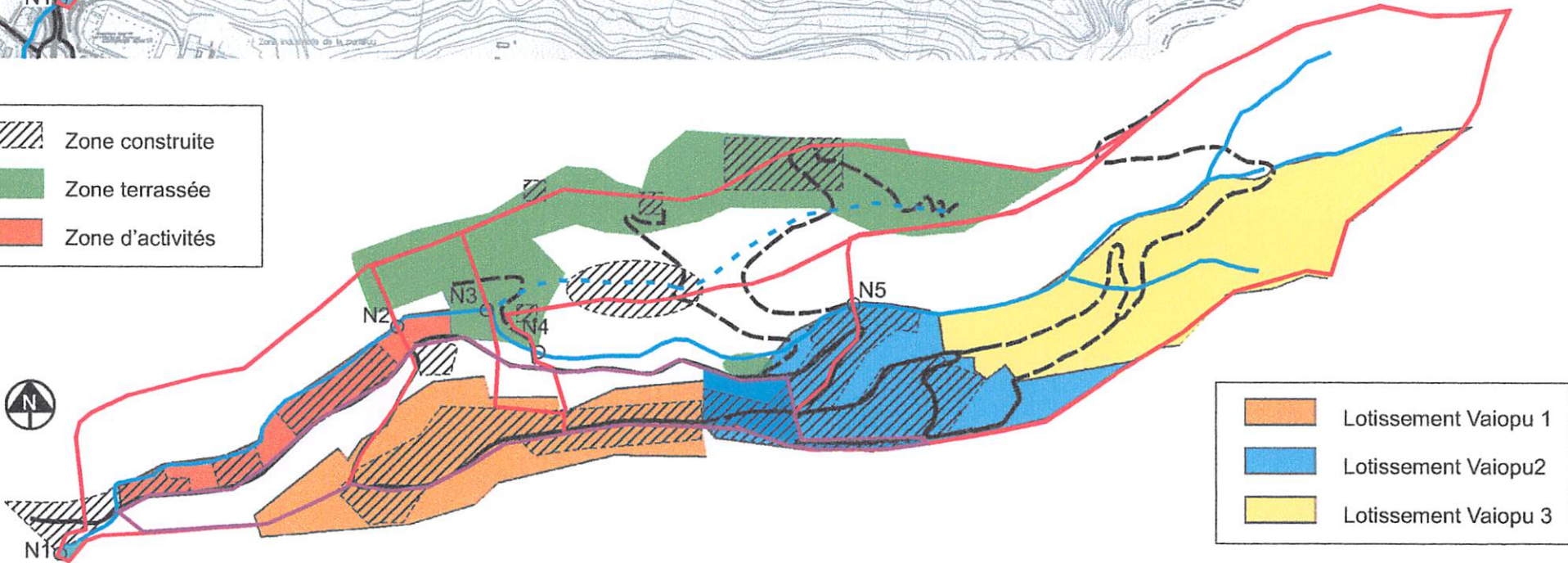
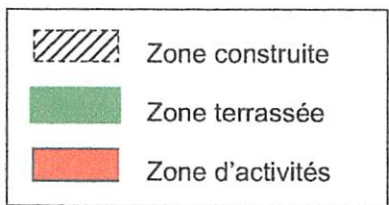
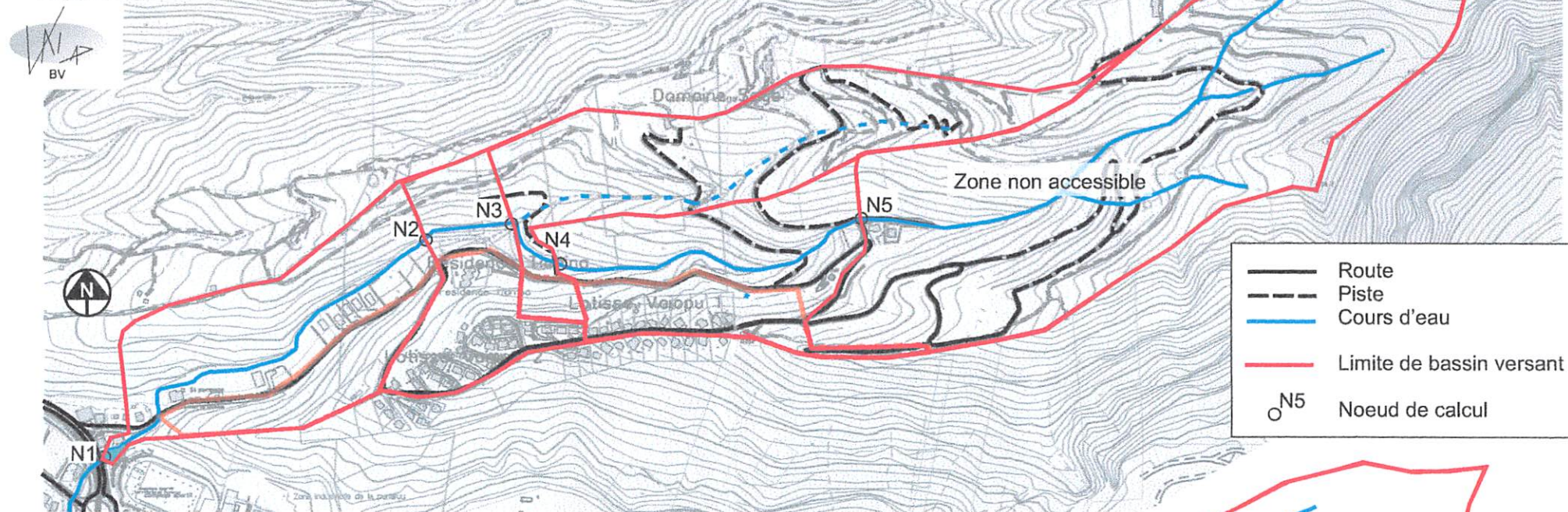
Les pentes pondérées définies sans profil en long du Vaiopu sont surévaluées car elles ne tiennent pas compte des nombreuses chutes qui jalonnent le cours du Vaiopu notamment sur son cours aval. Les temps de concentration retenus tiennent compte de la sous estimation des résultats des formulations classiques qui en découle.

Les caractéristiques des différents bassins versants au droit des différents nœuds de calcul sont répertoriées dans le tableau ci-après (S superficie drainée en hectares, L plus long drain hydraulique en mètres, im et ip pentes moyenne et pondérée en pour-cent, Tc temps de concentration en minutes, M coefficient d'allongement et m coefficient correctif associé (dans le cadre de la formulation de Caquot).

Etude hydrologique et hydraulique relative au VAIOPU à Punaauia

BASSIN VERSANT, DECOUPAGE et OCCUPATION DU SOL

Echelle 1/10 000



Noeud	S	L	ip	im	Tc	M	m
N5	39.5	1 210	26%	26%	10	1.9	1.0
N4	46.9	1 775	22%	23%	13	2.6	0.9
N3	62.2	1 885	20%	22%	14	2.4	1.0
N2	69.0	2 090	19%	21%	15	2.5	0.9
N1	82.6	2 800	18%	19%	19	3.0	0.9

2.3.2. Coefficients de ruissellement

Les coefficients de ruissellement décennaux retenus sont :

- 0.25 pour les surfaces présentant une couverture naturelle,
- 0.30 pour les surfaces terrassées nues,
- 0.85 pour la zone d'activités,
- 0.60 pour les lotissements,
- 0.50 pour l'urbanisation existante et l'urbanisation de type résidentiel peu dense.

Les coefficients de ruissellement élémentaires de période de retour 2, 5, 20, 50 et 100 ans sont déduits des coefficients élémentaires décennaux par application respective d'une minoration de 15% et 10 % et d'une majoration de 10%, 25% et 50%.

Le tableau ci-après répertorie les coefficients de ruissellement retenus :

Noeud	Etat	Taux urbanisation	C5	C10	C20	C50	C100
N5	Etat actuel	15%	0.27	0.30	0.33	0.38	0.46
N4		24%	0.30	0.33	0.36	0.41	0.50
N3		32%	0.29	0.32	0.35	0.40	0.48
N2		37%	0.30	0.33	0.37	0.42	0.50
N1		34%	0.30	0.33	0.37	0.42	0.50
N5	Etat futur programmé	47%	0.37	0.41	0.46	0.52	0.62
N4		50%	0.38	0.42	0.47	0.53	0.64
N3		52%	0.38	0.42	0.46	0.52	0.63
N2		55%	0.39	0.43	0.47	0.54	0.64
N1		50%	0.38	0.42	0.46	0.52	0.62
N5	Etat futur potentiel (PGA)	100%	0.49	0.55	0.60	0.68	0.82
N4		100%	0.49	0.55	0.60	0.69	0.82
N3		100%	0.48	0.54	0.59	0.67	0.81
N2		100%	0.49	0.54	0.59	0.68	0.81
N1		100%	0.49	0.54	0.60	0.68	0.81

2.3.3. Débits instantanés

L'évaluation des débits de projet résulte de l'application de la méthode Rationnelle basée sur les données pluviométriques de Faa'a (station pluviographique la plus représentative au regard de la chronique d'observations, de la situation géographique et de l'altitude).

Ce choix résulte de la confrontation des résultats de la méthode Rationnelle à différentes évaluations réalisées par J. DANLOUX dans le secteur d'étude. Le résultat à l'exutoire du Vaiopu en état actuel est proche des évaluations proposées par BCEOM en 1999.

Noeud	Etat	Débits instantanés en m3/s				
		Q5	Q10	Q20	Q50	Q100
N5	Etat actuel	4.7	5.9	7.2	9	12
N4		5.5	6.9	8.4	11	14
N3		6.9	8.6	10.6	14	18
N2		7.8	9.8	11.9	15	20
N1		8.1	10.1	12.4	16	20
N5	Etat futur programmé	6.4	8.0	9.8	13	16
N4		7.1	8.8	10.8	14	18
N3		9.0	11.2	13.7	18	23
N2		10.0	12.5	15.3	20	25
N1		10.2	12.7	15.5	20	26
N5	Etat futur potentiel (PGA)	8.4	10.6	12.9	17	22
N4		9.1	11.4	14.0	18	23
N3		11.5	14.4	17.6	23	30
N2		12.6	15.8	19.2	25	32
N1		13.2	16.5	20.2	26	33

2.4. Etude hydraulique

2.4.1. Ouvrages associés à la RDC et la RDP

Les ouvrages associés à la RDC et la RDP (ouvrage de traversée OH1 et piège à matériaux OH2) ont été dimensionnés dans le cadre de l'étude de 1999 Aménagement du Vaioapu aval.

L'ouvrage de traversée OH1 ainsi que le seuil du piège à matériaux ont été dimensionnés pour un débit de pointe centennal de 20m³/s.

2.4.2 Données topographiques et géométrie du cours d'eau

L'absence de données topographiques associée aux nombreuses chutes dont le dénivelé cumulé n'est pas connu rend difficile l'évaluation des pentes du lit. Afin de disposer d'un ordre de grandeur des capacités des ouvrages, une pente moyenne de 5% a été retenue sur l'ensemble du linéaire étudié, elle est cohérente avec les observations de terrain.

Les sections levées au droit des tronçons accessibles correspondent aux sections les plus défavorables d'un point de vue capacitif.

2.4.3. Evaluation des capacités

Les capacités actuelles du Vaioapu sont évaluées par application de la relation de Manning Strickler. Dans le cas d'un régime d'écoulement torrentiel, c'est le débit critique qui est retenu en raison des pertes de charge liées à la nature du lit, au transport solide et aux entonnements.

Les capacités calculées sont des capacités potentielles correspondant à un état dégagé des sections. Elles correspondent à un écoulement à surface libre à l'exception de l'ouvrage OH6 dont la capacité en charge est supérieure.

Les coefficients de Strickler retenus sont 20 à 25 pour le lit (20 lorsque le lit dispose d'un fond mobile, 25 lorsque le fond est constitué de roches), 40 pour les ouvrages en béton compte tenu du transport solide et 20 pour la buse métallique non lisse.

En raison de l'absence de données topographiques, les capacités calculées sont des ordres de grandeur. Elles sont récapitulées dans le tableau suivant (S : section d'écoulement en m², Q : capacité en m³/s, V : vitesse moyenne en m/s et T période de retour associée)

Section	S	Q	V	T	Section	S	Q	V	T
S1	3.4	11.8	3.5	100 ans	S10	3.8	13.5	3.6	20-50ans
S2	4.4	15.8	3.6	20ans	S11	3.5	12.1	3.4	20-50ans
OH3	4.0	15.4	3.9	50ans	S12	2.3	7.1	3.0	5-10ans
S3	5.6	22.2	4.0	50ans	S13	4.5	17.0	3.8	>100ans
S4	3.2	10.6	3.3	>100ans	S14	3.4	11.8	3.5	50-100ans
S5	4.0	16.6	4.2	10-20ans	OH4	4.7	17.1	3.7	>100ans
S6	2.9	10.6	3.7	50-100ans	OH5	0.7	4.4	3.0	5ans
S7	4.4	16.4	3.7	10-20ans	OH6	1.7	5.4	3.3	
S8	2.2	6.7	3.1	50-100ans	[en charge]	[2.7]	[8.5]	[3.1]	50 ans
S9	4.1	14.2	3.5	<=5ans	S15	0.0	8.6	0.0	50ans
					S16	3.0	9.6	3.3	50ans

Les vitesses d'écoulement sont élevées, en moyenne supérieures à 3m/s.

Le régime d'écoulement alterne entre un régime fluvial et un régime torrentiel induisant la présence de ressauts hydrauliques.

2.4.4. Dynamique du Vaiopu

Le transport solide est important comme l'atteste le remplissage du piège à matériaux aval (OH2) ou l'érosion du radier du pont OH3. Les matériaux proviennent pour la plus grande partie des terrassements réalisés en amont. En effet, si le Vaiopu est un torrent disposant d'un fort pouvoir érosif, les phénomènes érosifs restent limités par la nature des terrains traversés qui comportent beaucoup de roches ou de blocs rocheux.

2.4.5. Dysfonctionnements prévisibles

Deux principaux dysfonctionnements prévisibles peuvent se produire lors d'une crue du Vaiopu : une rupture de digue ou un colmatage de la section d'écoulement.

Le risque de rupture de digue est du à un défaut de conception ou à un dimensionnement insuffisant. On citera :

- les murs et murets qui peuvent ne pas avoir été conçus pour supporter une poussée hydraulique (mur endiguant le Vaiopu ou clôturant le premier hangar en haut de la zone d'activités),
- la digue en terre au droit de la station de pompage qui n'est pas protégée,
- la digue en amont immédiat du confluent dont la stabilité n'est pas garantie (teneur en roche non connue),
- la digue en roches au droit de la plateforme Kilimoana dont l'étanchéité n'est pas garantie et dont l'épaisseur et l'appui semblent insuffisants.

Dans le cas des tronçons suspendus, un tel dysfonctionnement entraînerait la création d'un axe d'écoulement secondaire important en rive gauche du Vaiopu qui emprunterait la voie de desserte de la vallée.

Le colmatage des sections d'écoulement est un autre dysfonctionnement potentiel.

- Le risque est élevé en tête de la zone d'activités en raison de la nature subverticale du versant qui domine le lit du Vaiopu (risque de basculement de la végétation accrochée à la paroi qui entraînerait des matériaux), en particulier en amont immédiat du premier hangar où le versant est sujet à une érosion de surface.

Un tel dysfonctionnement pourrait entraîner des phénomènes érosifs important dans le lit et la création d'un axe secondaire d'écoulement à l'instar d'une rupture de digue.

- Le risque de colmatage existe aussi en aval des tronçons naturels (zones de production de matériaux) et concerne principalement les ouvrages de traversée :
 - l'ouvrage OH5 est un ouvrage sensible en raison de sa nature (2 buses circulaires) et de la rupture de pente à son droit. Son colmatage induirait la submersion de la piste et des phénomènes érosifs localisés,
 - la nature de l'ouvrage OH4 (gaine métallique ajourée équipée d'ailettes en aval) peut favoriser le piégeage des bois malgré sa grande taille. Il est protégé par la fosse piège à matériaux située à l'amont qui permet ainsi de protéger la digue transversale.

- l'ouvrage OH6 et le chenal amont sont, en raison des gabarits importants, moins sujets à ce type de dysfonctionnement moyennant un entretien régulier des ouvrages.

En cas de colmatage, un écoulement secondaire se produirait sur la route qui longe le chenal et menacerait l'habitation en rive gauche aval de l'ouvrage de traversée située dans une dépression par rapport à la piste et la route.

Un troisième dysfonctionnement se produit lors d'épisodes pluvieux soutenus. Il n'est pas lié directement au Vaiopu mais aux collecteurs d'assainissement pluvial dont les exutoires sont colmatés. Il induit un aléa fort sur la route de desserte de la vallée.

3. DIAGNOSTIC, OBJECTIFS ET CONTRAINTES

3.1. Diagnostic hydraulique

3.1.1. Capacité du lit et risques de dysfonctionnements

Le Vaiopu est un torrent canalisé, localement sur son cours amont dans la traversée du lotissement Vaiopu2 et de façon généralisée sur son cours aval (zone d'activités).

Sur le tronçon aval, il a été repoussé vers le versant qui se situe dans le prolongement de la berge rive droite, il est généralement endigué en rive gauche. Localement le lit est suspendu par rapport aux plateformes de la zone d'activités.

Les capacités du Vaiopu sont élevées. Elles sont centennales au niveau de la RDC et supérieures au débit de pointe décennal à l'exception de quelques secteurs très localisés.

Si la nature des terrains traversés permet de limiter les phénomènes érosifs dans le lit du Vaiopu, des dysfonctionnements peuvent aggraver les crues du Vaiopu, ils sont liés à la stabilité du versant et des digues.

Le graphique page suivante récapitule la capacité du lit (évaluations ponctuelles) et les dysfonctionnements potentiels.

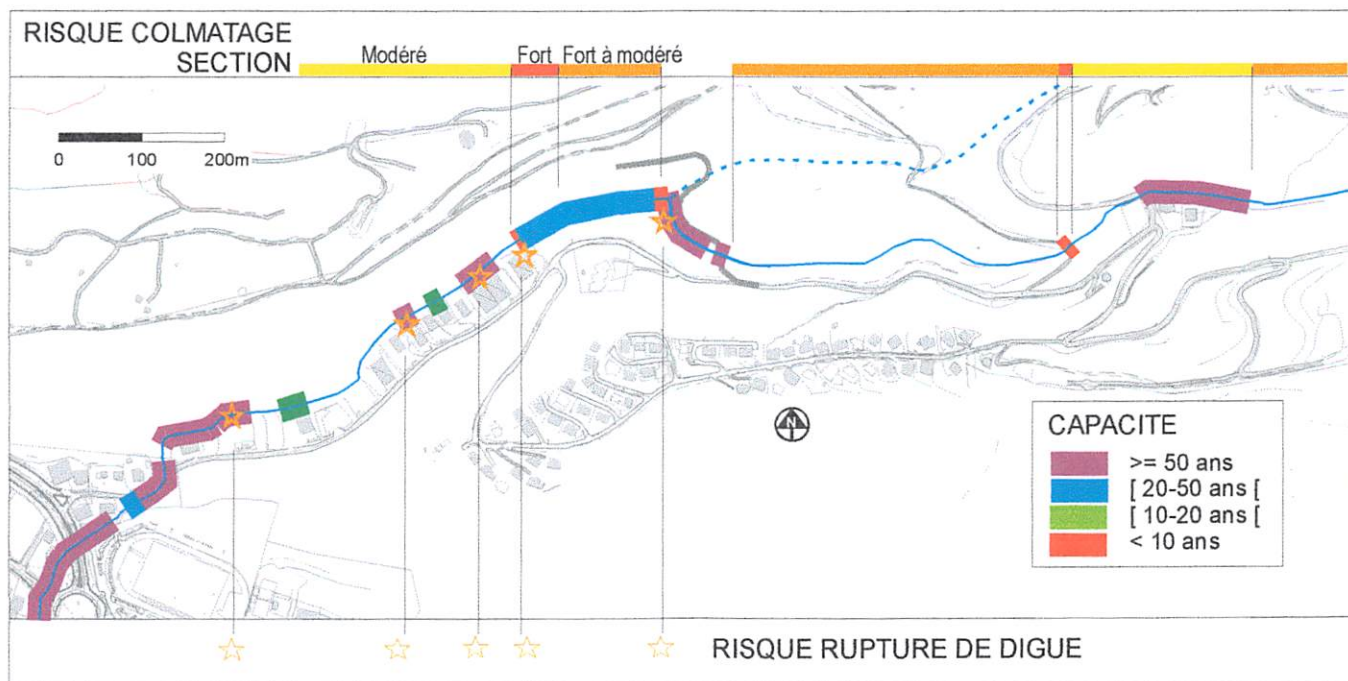
3.1.2. Aléa inondation

Hors dysfonctionnement, l'aléa inondation relatif à une crue décennale est limité. Seul le débordement localisé en aval du confluent peut ne pas rejoindre le lit du Vaiopu et créer un axe d'écoulement mineur sur la route d'accès à la vallée. La route d'accès à la vallée au droit de la zone d'activités est toutefois le siège d'un aléa fort (faible lame d'eau mais vitesses d'écoulement importantes en raison du colmatage actuel des collecteurs d'assainissement pluvial).

Hors dysfonctionnement, l'aléa inondation relatif à une crue centennale est important et concerne principalement la rive gauche du lit au droit de la zone d'activités. En effet, le tronçon situé entre le piège à matériaux aval (OH2) et le confluent est sujet à des débordements, qui sont généralisés sur plusieurs tronçons. Toutes les plateformes de la zone d'activités ne sont pas menacées de la même façon, certaines pouvant même être hors d'eau.

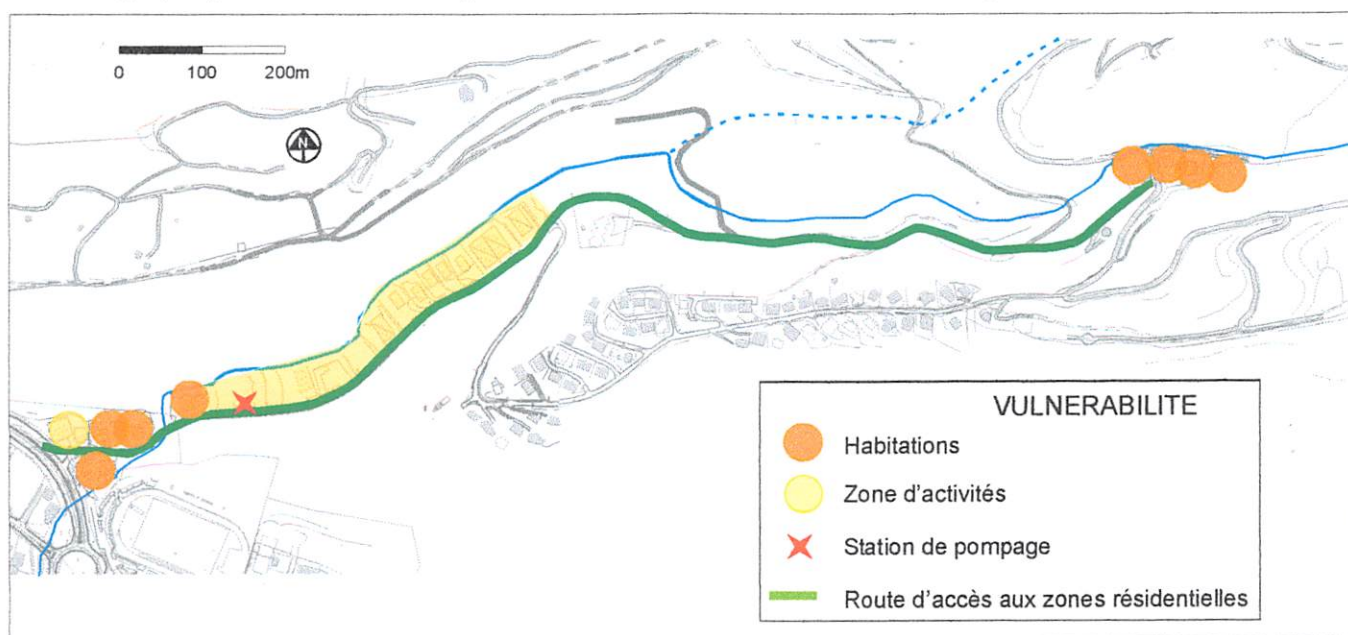
L'aléa s'étend jusqu'à la route d'accès à la vallée qui constitue un axe d'écoulement secondaire.

Les risques élevés d'aggravation de l'aléa inondation relèvent des risques inhérents à la stabilité des digues et à la stabilité du versant qui domine le lit du Vaiopu en aval du confluent.



3.2. Vulnérabilité et seuil de protection

Le graphique ci-dessous récapitule la vulnérabilité aux abords du Vaiopu.



Les seuils de protection requis généralement admis sont :

- 20 à 50 ans pour les zones d'activités selon la vulnérabilité des entreprises,
- au moins 10 ans pour les zones résidentielles et les voies secondaires (selon aléa).

3.3. Incidence de l'urbanisation programmée ou potentielle

L'étude hydrologique montre que l'urbanisation à venir aura une incidence importante sur les débits de pointe. Comparés à l'état actuel, l'augmentation atteint de 35 à 25% en état futur programmé (urbanisation de Vaiopu3 et urbanisation raisonnée des surfaces terrassées identifiées) et de 80% à 65% en état futur potentiel (urbanisation complète du bassin versant autorisée par le PGA).

Le tableau suivant récapitule les augmentations attendues au droit des différents nœuds.

Nœud	Etat programmé	Etat futur potentiel PGA
N5	36%	80%
N4	29%	66%
N3	30%	67%
N2	28%	61%
N1	26%	63%

Notons que la seule urbanisation raisonnée des surfaces terrassées induit une augmentation des débits de pointe de 8% en aval du confluent du Vaiopu.

En terme d'occurrence des débordements, cette incidence se traduit comme indiquée dans le tableau ci-dessous. La première ligne se lisant de la façon suivante : « Si un tronçon situé sur le cours aval du Vaiopu (proximité de N1) a une capacité décennale en état actuel, cette capacité ne sera plus que quinquennale en état futur programmé et biennale en état futur potentiel.

Période de retour	Etat actuel	Etat programmé	Etat futur potentiel
N1	10 ans	5 ans	2 ans
	100 ans	50 ans	20 ans
N5	10 ans	2-5 ans	<2 ans
	100 ans	20-50ans	10-20ans

Ainsi la protection cinquantennale au droit des habitations du lotissement Vaiopu 3 chuterait à moins de 20 ans. Le seuil reste toutefois cohérent avec la vulnérabilité (supérieur à 10ans).

En aval, le long de la zone d'activités, le seuil de protection devient incompatible avec la vulnérabilité des terrains riverains.

3.4. Objectifs et contraintes d'aménagement

Les précédents constats montrent qu'il est nécessaire d'envisager des travaux sur le cours du Vaiopu et son bassin versant afin :

- d'assurer une protection au moins vicennale à cinquantennale dans la traversée de la zone d'activités jusqu'à la RDC. Le seuil de protection minimal que nous retiendrons est le seuil cinquantennal par sécurité,
- de pérenniser les ouvrages et notamment les endiguements,
- de réduire le risque des dysfonctionnements prévisibles,
- d'assurer une protection au moins vicennale au droit des habitations amont (Vaiopu3),
- d'assurer une protection au moins vicennale de la route d'accès à la vallée (en raison de l'aléa fort).

Les contraintes sont :

- d'ordre technique, liées à la capacité des ouvrages relatifs à la RDC qui est centennale en état actuel mais vicennale en état d'urbanisation future potentielle (PGA) voire à celle du pont OH3 qui est cinquantennale en état actuel mais décennale en état futur potentiel,
- d'ordre foncier, l'espace disponible le long du cours d'eau est limité dans la traversée de la zone d'activités partiellement urbanisée,
- d'ordre réglementaire, l'exploitation des terrains encore vierges dans la zone d'activités est assujettie à la délivrance d'un permis de construire qui nécessite la mise hors d'eau des terrains (ou risque faible) pour une crue centennale.

Les enjeux pour l'aménageur concernent le développement de la zone d'activités et celui de l'urbanisation sur le bassin versant.

4. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT

4.1. Présentation des scénarii

Trois scénarii sont envisagés.

- Les deux premiers confèrent une protection cinquantennale en aval du confluent du Vaiopu et autorise le développement de l'urbanisation future programmée en amont (lotissement Vaiopu3 et urbanisation raisonnée des zones de terrassement telles qu'elles ont été identifiées).
 - Le premier de ces scénarii (scénario A) envisage des travaux de recalibrage du lit du Vaiopu en aval de son confluent et l'aménagement d'un bassin écrêteur permettant l'écrêtement de la crue cinquantennale en état futur programmé à un débit de pointe compatible avec la capacité du lit recalibré en aval.
 - Le second de ces scénarii (scénarii B) permet de réduire l'ampleur des travaux de recalibrage du lit (scénario B1) ou la taille du bassin écrêteur (scénario B2) en créant un nouveau collecteur d'assainissement pluvial le long de la route.
 - Le troisième scénarii (scénario C) confère une protection centennale au Vaiopu en aval de son confluent tout en autorisant l'urbanisation future programmée en amont. Il comprend des travaux de recalibrage du lit du Vaiopu en aval de son confluent, la création d'un nouveau collecteur d'assainissement pluvial le long de la route et l'aménagement d'un bassin écrêteur. Ce dernier scénario est envisagé de façon à permettre le développement de la zone d'activités, la crue centennale étant la crue de référence d'un point de vue règlementaire.

Aucun scénario n'a été envisagé permettant le développement de l'urbanisation telle qu'elle est autorisée au PGA en raison des volumes d'écrêtement excessifs¹ au regard de l'enjeu.

Les mesures connexes à ces trois scénarii sont :

- la vérification de la stabilité des digues existantes et leur aménagement le cas échéant,
- la purge du versant instable qui surplombe le Vaiopu afin de réduire les risques de colmatage de la section d'écoulement,
- le recalibrage de l'ouvrage de traversée OH5 pour un seuil de protection décennal en état futur programmé,
- l'aménagement de la piste au droit de l'ouvrage OH6 de façon à permettre sa submersion en cas de colmatage de l'ouvrage (protection de l'habitation riveraine),
- le rétablissement d'un collecteur pour drainer le bassin versant affluent du Vaiopu,
- l'arrêt des travaux de remblaiement qui empiètent sur le lit du Vaiopu (réduction du laminage naturel et augmentation du débit solide).

¹ A titre indicatif, l'écrêtement en N4 et N3 de la crue cinquantennale future potentielle (PGA) à un débit de pointe cinquantennal actuel en aval nécessite des volumes d'écrêtement élevés, de l'ordre respectivement de 7000m³ et 9000m³ (évaluations par la méthode des pluies).

Les paragraphes 4.2 à 4.4 ci-après décrivent les méthodologies de dimensionnement et évaluent pour l'ensemble des scénarii les caractéristiques des ouvrages dans le cadre :

- de travaux de recalibrage du lit en aval du confluent (§4.2),
- de la création d'un nouveau collecteur dans la vallée (§4.3),
- de la mise en service d'ouvrage écrêteur de crue (§4.4).

Le paragraphe 4.5. propose un descriptif de chacun des scénarii qui synthétise les résultats obtenus.

4.2. Travaux sur le lit du Vaiopu

4.2.1. Définition des débits de projet

Compte tenu des capacités actuelles du lit du Vaiopu, le recalibrage pour un seuil de protection supérieur au débit de pointe cinquantennal actuel n'est pas réaliste en raison des contraintes foncières dans la traversée de la zone d'activités.

Les débits de projet retenus sont du même ordre de grandeur dans le cas des scénarii A, B2 et C, de l'ordre du débit de pointe cinquantennal en état actuel (14 à 15m³/s en N2)

Seul le scénario B1 envisage de limiter les travaux de recalibrage en retenant un débit de projet de période de retour 10 à 20 ans en état actuel (10m³/s en N2).

4.2.2 Recalibrage

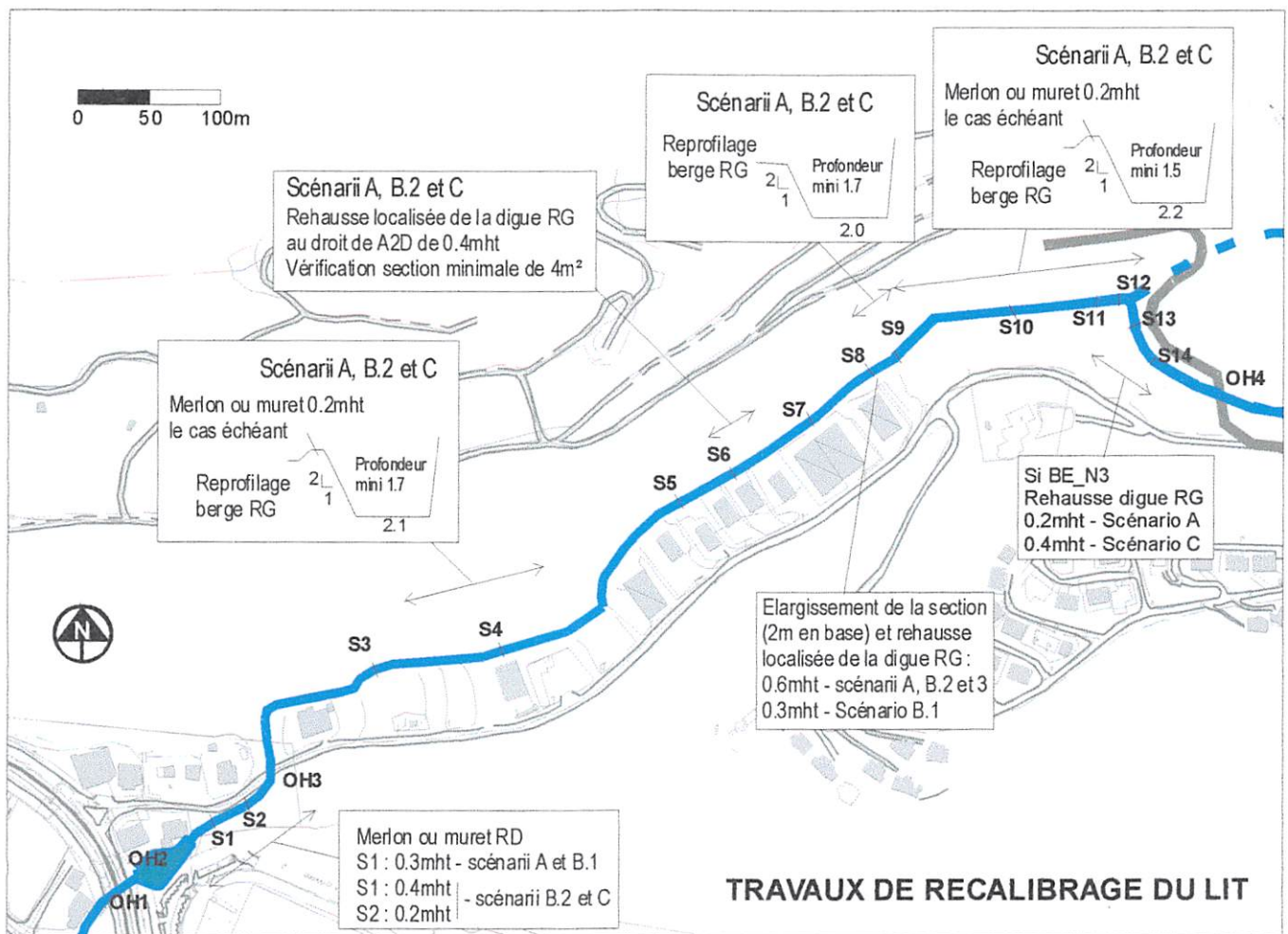
Les sections proposées sont issues de l'application de la relation de Manning-Strickler sous hypothèse d'une pente de 5%. Elles ne sont qu'**indicatives**, le dimensionnement ne s'appuyant sur aucun levé topographique ni vue en plan permettant une bonne appréhension des contraintes foncières.

Les travaux de recalibrage sur le lit du Vaiopu sont récapitulés dans le tableau suivant :

Section	Scénario A	Scénario B1	Scénario B2	Scénario C
S1	Merton ou muret en RD de 0.3mht	Merton ou muret en RD de 0.3mht	Merton ou muret en RD de 0.4mht	Merton ou muret en RD de 0.4mht
S2			Muret en RD de 0.2mht	Muret en RD de 0.2mht
S4	reprofilage de la berge RG 2V/1H et merton de 0.2mht		talutage 2V/1H berge RG et merton de 0.2mht	talutage 2V/1H berge RG et merton de 0.2mht
S6	Rehausse localisée de 0.4mht de la digue RG		Rehausse localisée de 0.4mht de la digue RG	Rehausse localisée de 0.4mht de la digue RG
S8	Elargissement de la section (2m en base) et rehausse localisée de la digue RG de 0.6mht	Elargissement de la section (2m en base) et rehausse localisée de la digue RG de 0.3mht	Elargissement de la section (2m en base) et rehausse localisée de la digue RG de 0.6mht	Elargissement de la section (2m en base) et rehausse localisée de la digue RG de 0.6mht
S9	Reprofilage de la berge RG 2V/1H		Reprofilage de la berge RG 2V/1H	Reprofilage de la berge RG 2V/1H

Section	Scénario A	Scénario B1	Scénario B2	Scénario C
S11	Reprofilage de la berge RG 2V/1H		Reprofilage de la berge RG 2V/1H	Reprofilage de la berge RG 2V/1H
S12	Elargissement de la section, reprofilage berge RG et merlon de 0.2mht	Elargissement de la section, reprofilage berge RG	Elargissement de la section, reprofilage berge RG et merlon de 0.2mht	Elargissement de la section, reprofilage berge RG et merlon de 0.2mht
S14	Si BE N3, rehausse digue de 0.2mht			Si BE N3, rehausse digue de 0.4mht

Le graphique ci après permet de visualiser les travaux de recalibrage.



Dans le cadre du scénario A, les travaux de recalibrage du lit devront s'accompagner des travaux permettant le rétablissement des exutoires des collecteurs d'eaux pluviales routiers.

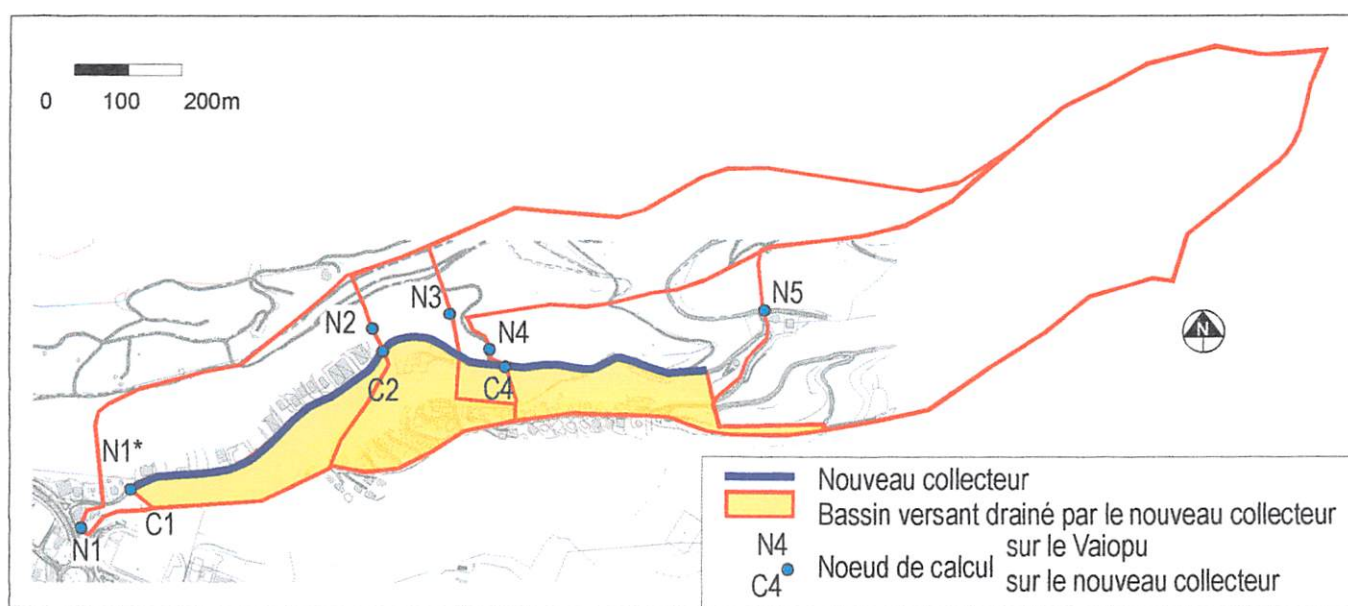
Les exutoires du principal collecteur (Vaiopu 1) et le cas échéant des autres collecteurs (non reconnus) devront être déplacés vers l'aval de manière à donner aux ouvrages une pente suffisante pour leur autocurage et à permettre un débouché dans le lit du Vaiopu nettement surélevé par rapport au fil d'eau afin de réduire les risques de colmatage par l'aval.

4.3. Création d'un nouveau collecteur

Les scénarii B et C envisagent la création d'un nouveau collecteur le long de la route de desserte de la vallée.

4.3.1. Incidence de la création d'un nouveau collecteur sur les débits de pointe

Le nouveau collecteur trouve son exutoire dans le Vaiopu en aval immédiat du pont OH3, il permet de réduire la superficie drainée au droit de la zone d'activités par le Vaiopu.



Les caractéristiques hydrologiques des bassins versants drainés par le Vaiopu et le nouveau collecteur en état actuel et futur programmé sont récapitulées dans le tableau suivant.

Nœud	Etat	S (ha)	L(m)	im	ip	Tc (mn)	C10	C50	C100
N5	actuel	39.5	1 210	26%	26%	10	0.30	0.38	0.46
N4		43.1	1 775	22%	23%	13	0.31	0.39	0.47
N3		57.7	1 885	20%	22%	14	0.31	0.39	0.46
N2		60.1	2 090	18%	21%	15	0.31	0.39	0.46
N1*		69.9	2 800	17%	19%	19	0.32	0.39	0.47
N5	Futur programmé	39.5	1 210	26%	26%	10	0.41	0.52	0.62
N4		43.1	1 775	22%	23%	13	0.42	0.52	0.62
N3		57.7	1 885	20%	22%	14	0.41	0.51	0.62
N2		60.1	2 090	18%	21%	15	0.42	0.52	0.62
N1*		69.9	2 800	17%	19%	19	0.42	0.52	0.62
C4	Futur programmé	3.8	490	24%	24%	4	0.52	0.65	0.78
C2		8.9	740	23%	23%	6	0.51	0.63	0.76
C1		12.7	1 310	21%	20%	9	0.43	0.54	0.65

Les débits de pointe décennal à centennal, évalués par application de la méthode Rationnelle sont consignés dans le tableau suivant.

Sur le Vaiopu :

noeud	Etat actuel			Etat futur programmé		
	Q10	Q50	Q100	Q10	Q50	Q100
N5	5.9	9.2	12.1	8.0	12.6	16.5
N4	6.0	9.4	12.3	7.9	12.5	16.3
N3	7.7	12.1	15.8	10.2	16.1	21.1
N2	7.8	12.3	16.0	10.6	16.6	21.5
N1*	8.1	12.7	16.4	10.7	16.7	21.5

Sur le nouveau collecteur :

noeud	Etat futur programmé			
	Q10	Q20	Q50	Q100
C4	1.4	1.7	2.1	2.8
C2	2.7	3.3	4.2	5.5
C1	2.8	3.4	4.4	5.7

L'aménagement du collecteur permet de réduire de 20% les débits de pointe du Vaiopu dans la traversée de la zone d'activités. En état futur programmé, la réduction atteint 15%.

4.3.2. Dimensionnement

L'aléa sur la route d'accès à la vallée au droit de la zone d'activités étant fort, nous proposons un seuil de protection au moins vicennal.

Compte tenu des contraintes foncières au droit de la zone d'activités, l'ouvrage proposé est constitué d'un canal béton couvert de section 1m x1.2mht.

La pente minimale de l'ouvrage est 1.2%. Sa pente maximale compte tenu d'une vitesse moyenne maximale admissible de 6m/s est 5%, imposant un profil en long étagé. Sur la base des données topographiques disponibles, l'ouvrage devra être équipé de chutes de 0.5mht tous les 4ml.

L'ouvrage sera équipé d'avaloirs et de regards permettant son entretien. Il sera équipé d'une grille de protection en tête.

4.4. Ecrêtement

4.4.1. Méthodologie

Afin de définir les volumes d'écêtement utiles, une modélisation simplifiée de la relation pluie débit a été mise en œuvre :

- les hydrogrammes de base générés par les sous bassins versants sont définis par application du bilan de la Rationnelle,
- le laminage naturel est négligé lors de la propagation des hydrogrammes,
- la simulation de l'écêtement est réalisée sur la base d'une loi simplifiée de remplissage du bassin : $\text{Volume stocké} = \text{Superficie du bassin} \times \text{hauteur d'eau dans le bassin}$ et le débit de fuite est calculé par application de la formulation de Manning Strickler lorsque l'écoulement est à surface libre et par une loi d'orifice sinon.

4.4.2. Mise en oeuvre

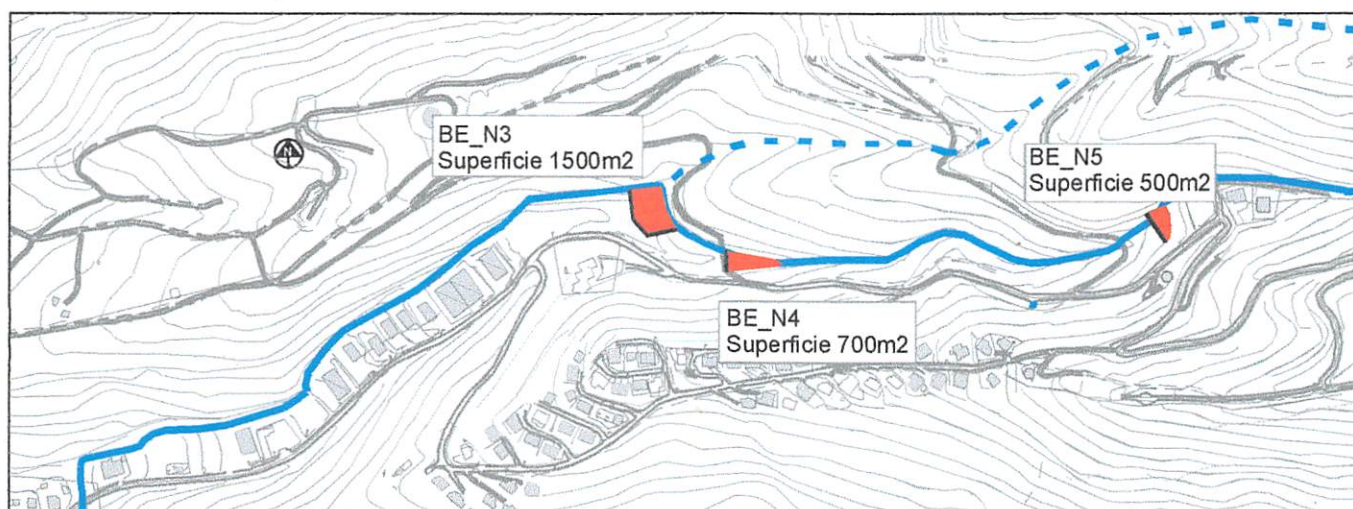
Les pluies de projet de période de retour T sont des pluies double triangulaires qui ont une durée intense de 15 minutes et une durée totale d de 30 minutes à 2 heures, sur lesquelles l'intensité a la même occurrence (la durée intense retenue permet de générer une crue de même occurrence en tête de la zone d'activités).

Les caractéristiques des sous bassins versants sont indiquées dans le tableau ci-dessous. Elles correspondent à l'état d'urbanisation future programmée :

		Caractéristiques des sous bassins versants						
Noeud	Scénario	S (ha)	L(m)	ip	Tc (mn)	c20	c50	c100
N5	Scénario A (sans nouveau collecteur)	39.5	1 210	26%	10	0.46	0.52	0.62
N4		7.4	640	20%	5	0.52	0.60	0.71
N3		15.3	1 020	27%	7	0.44	0.50	0.60
N2		6.8	660	13%	6	0.58	0.66	0.78
N1		13.6	810	19%	6	0.42	0.46	0.51
N5	Scénarii B et C (création d'un nouveau collecteur)	39.5	1 210	26%	10	0.46	0.52	0.62
N4		3.6	640	20%	5	0.47	0.54	0.65
N3		14.6	1 020	27%	7	0.43	0.49	0.59
N2		2.4	275	29%	2	0.63	0.71	0.82
N1		9.8	810	19%	6	0.47	0.52	0.56

Trois sites d'écrêtement sont envisagés :

- le premier site se situe en amont immédiat de OH4 (noeud de calcul hydrologique N4). Le choix est motivé par des conditions topographiques adaptées (lit encaissé) minimisant la taille de la digue,
- le second se situe en aval proche de OH6 (noeud de calcul hydrologique N5). Le choix est motivé par des conditions topographiques adaptées (lit encaissé) et par la situation éloignée de la zone d'activités,
- le troisième site se situe en aval immédiat du confluent du Vaiopu avec son principal affluent (noeud hydrologique N3). Si les conditions topographiques imposent un linéaire de digue important, sa situation permet un rendement hydraulique optimal (écrêtement de l'affluent).



Situation des bassins écrêteurs – Echelle 1/5000

Les superficies retenues pour modéliser l'écrêtement sont indiquées sur le graphique ci-dessus.

4.4.3. Résultats

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après. Ils correspondent à la pluie de projet la plus défavorable (pluie de durée totale 30 à 45 minutes) et à l'état d'urbanisation future programmée.

La hauteur de stockage correspond au stockage sur la surface plane du bassin écrêteur. La hauteur de digue est supérieure, égale à la hauteur de stockage additionnée de la lame d'eau sur le déversoir de sécurité (0.5m) et de la revanche de sécurité (1m).

Les volumes évalués sont des **ordres de grandeur**, la loi de remplissage du bassin étant hypothétique (bassin à fond plat).

	Scénario A			Scénario B.1			Scénario B.2			Scénario C		
	N5	N4	N3	N5	N4	N3	N5	N4	N3	N5	N4	N3
Débit entrant (m3/s)	11	13.4	17.5	11	12	15.9	11	12	15.9	14.1	15.4	20.4
Débit de fuite (m3/s)	8.4	10.5	13.8	6.6	7.6	9.8	10.2	11	13.7	10.6	11.7	14.7
Pourcentage d'écrêtement	24%	22%	21%	40%	37%	38%	7%	8%	14%	25%	24%	28%
Hauteur de stockage (m)	6.4	4.7	2.8	9.2	6.6	4.1	3.2	2.6	1.8	8.2	6.3	4.4
Volume d'écrêtement (m3)	3200	3300	4200	4600	4600	6200	1600	1800	2700	4100	4400	6600

La création d'un nouveau collecteur associée à la mise à niveau capacitive du Vaiopu (cinquantennale actuel) permet de réduire de façon notable les volumes d'écrêtement nécessaires à la compensation de l'urbanisation future programmée.

4.5. Descriptif des scénarii

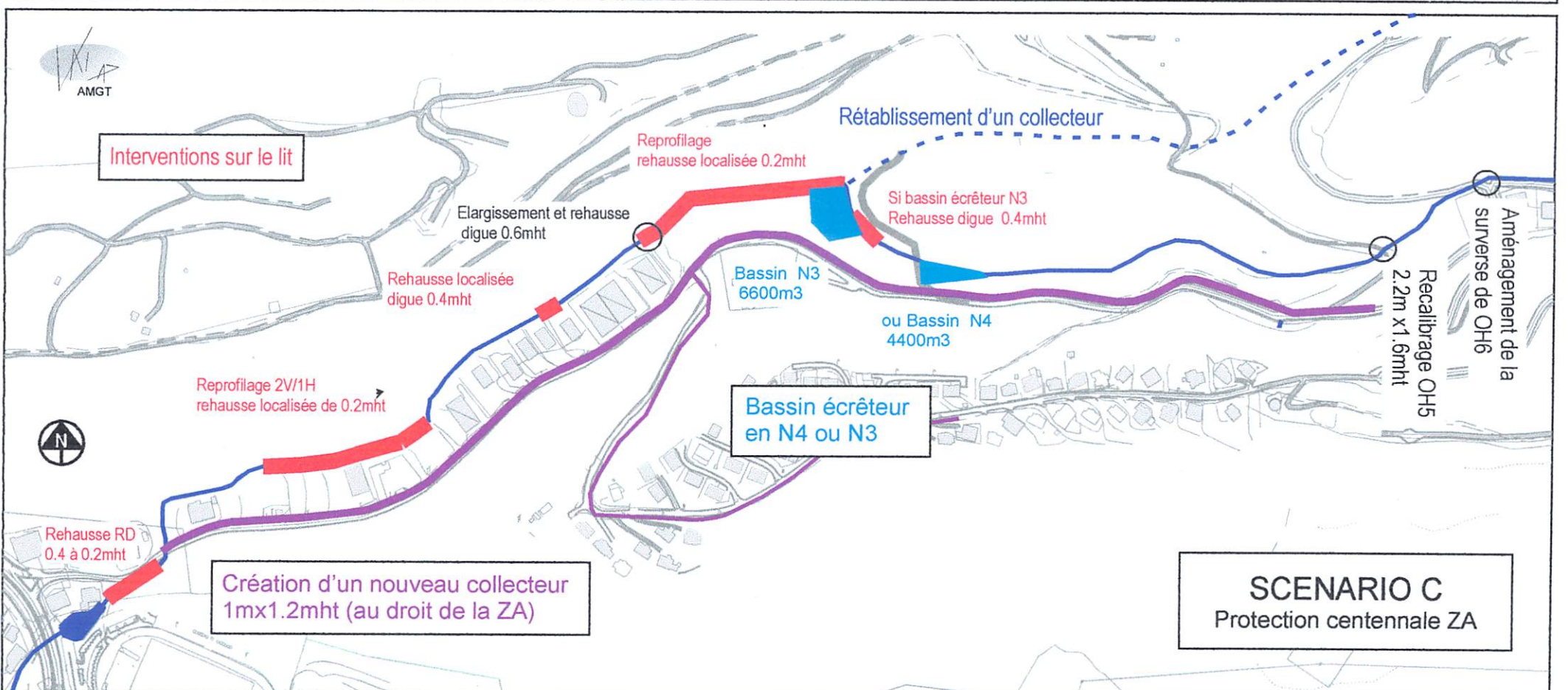
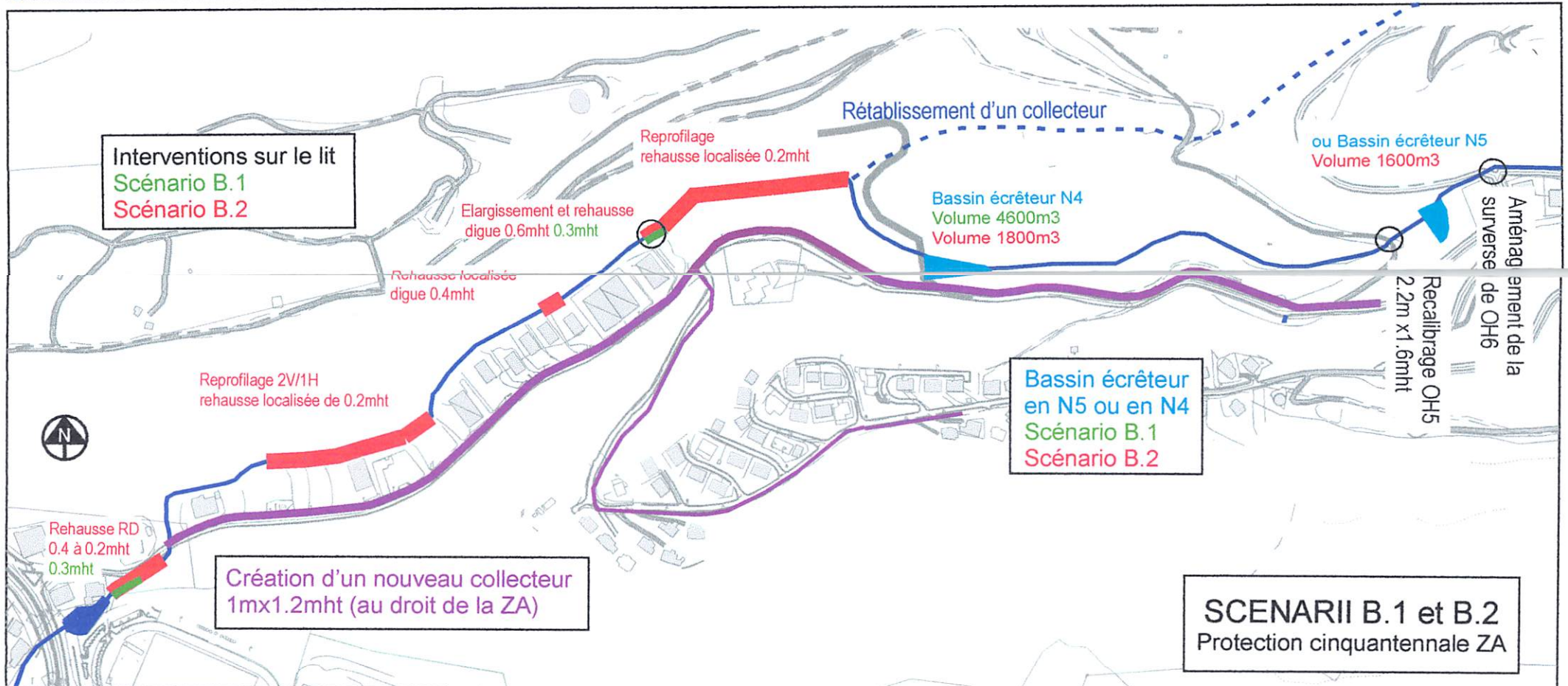
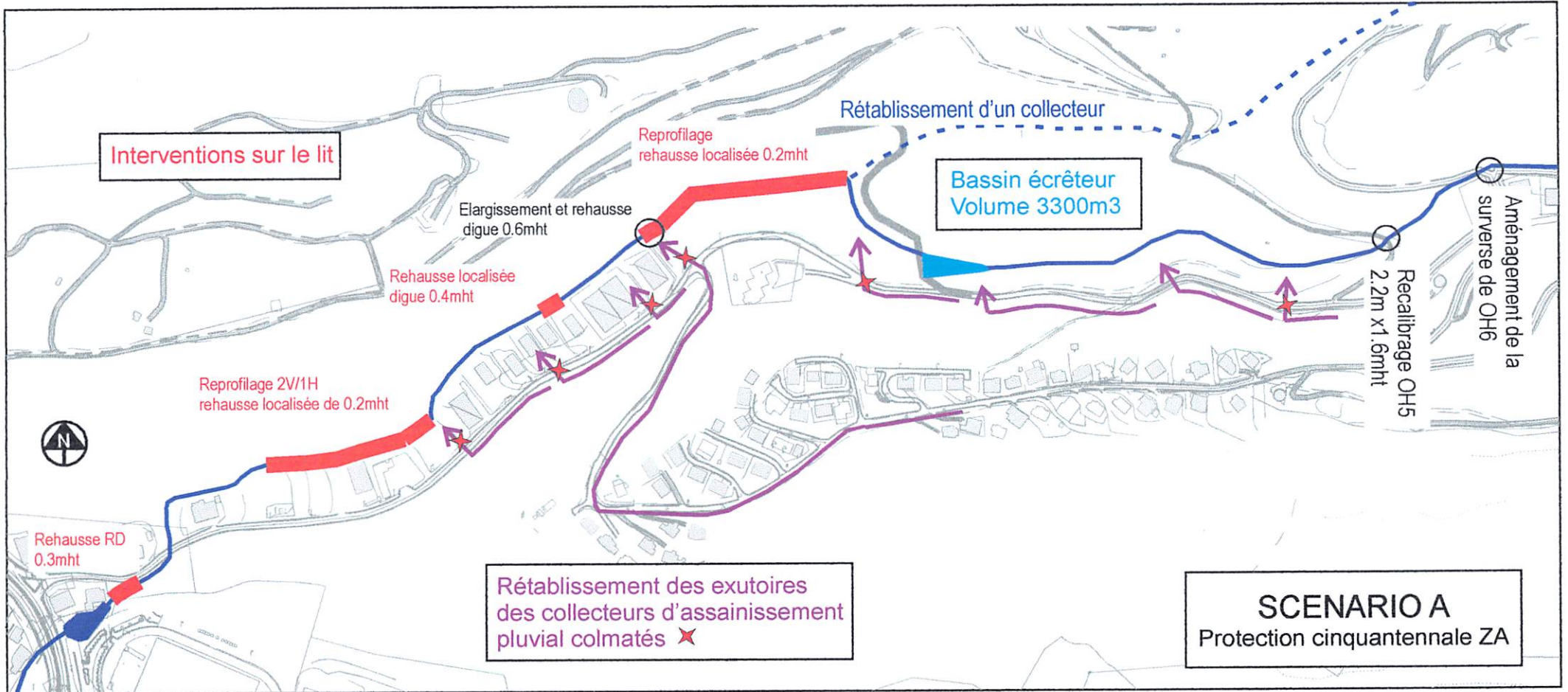
Le choix du site de l'écrêtement est motivé prioritairement par les aspects liés à la sécurité notamment en cas de mise en service du déversoir de décharge voire de rupture de digue (hauteur de digue au regard de la proximité du site d'écrêtement des zones vulnérables). Il n'est pas restrictif.

La planche ci après permet de synthétiser les aménagements pour chaque scénario.

4.5.1. Mesures communes aux scénarii

Les mesures communes à l'ensemble des scénarii sont :

- la vérification de la stabilité des digues existantes et leur aménagement le cas échéant,
- la protection du lit du Vaiopu en aval immédiat des chutes importantes,
- la purge du versant instable qui surplombe le Vaiopu afin de réduire les risques de colmatage de la section d'écoulement,
- le recalibrage de l'ouvrage de traversée OH5 pour un seuil de protection décennal en état futur programmé : l'ouvrage sera remplacé par un cadre béton de section 2.2mx1.6mht qui autorise un tirant d'air de 25% afin de minimiser le risque de formation d'embâcles (pente minimale 1.5%, pente maximale 8%).
- l'aménagement de la piste au droit de l'ouvrage OH6 de façon à permettre sa submersion en cas de colmatage de l'ouvrage (protection de l'habitation riveraine située en contre bas du point bas de la route),
- le rétablissement d'un collecteur pour drainer le bassin versant affluent du Vaiopu,
- l'arrêt des travaux de remblaiement qui empiètent sur le lit du Vaiopu (réduction du laminage naturel et augmentation du débit solide).



4.5.2. Scénario A

Le scénario A permet d'assurer un seuil de protection cinquantennal dans la traversée de la zone d'activités et en aval en état futur d'urbanisation programmée.

Il nécessite :

- le rétablissement des exutoires vers le Vaiopu des collecteurs d'assainissement pluvial associés à la voirie,
- le recalibrage localisé du Vaiopu dans la traversée de la zone d'activités jusqu'à la RDC de manière à lui donner une capacité de 15 à 16m³/s (cf. paragraphe 4.2.2),
- l'aménagement d'un bassin écrêteur. Le site situé en N4 semble le plus approprié. Le volume de stockage atteint 3300m³.

4.5.3. Scénarii B

Les scénarii B permettent d'assurer un seuil de protection cinquantennal dans la traversée de la zone d'activités et en aval en état futur d'urbanisation programmée.

Ils nécessitent :

- la création d'un nouveau collecteur dans la vallée en bordure de route. Il remplace l'ensemble des collecteurs d'assainissement actuels dont les exutoires vers le Vaiopu sont colmatés et collecte les eaux drainées par le principal collecteur de Vaiopu 1. Sa section atteint 1mx1.2mht pour un seuil de protection vicennal,
- l'aménagement d'un bassin écrêteur et des travaux de recalibrage localisé du Vaiopu.
 - Le scénario B.1 envisage des travaux de recalibrage réduits sur le lit du Vaiopu au droit de la zone d'activités jusqu'à la RDC (débit de projet de 10m³/s en N2 et 14m³/s en aval de OH3) qui nécessite un écrêtement important. Là encore le site en N4 semble le plus approprié, le volume de stockage atteint 4600m³,
 - Le scénario B.2 envisage à l'inverse des travaux de recalibrage plus conséquents (débit de projet 14m³/s en N2 et 17m³/s en aval de OH3) afin de minimiser le volume d'écrêtement. Les sites N5 ou N4 sont appropriés, le volume de stockage atteint respectivement 1600m³ ou 1800m³.

4.5.4. Scénario C

Le scénario C permet d'assurer un seuil de protection centennal dans la traversée de la zone d'activités et en aval en état futur d'urbanisation programmée.

Il nécessite :

- la création d'un nouveau collecteur dans la vallée en bordure de route. Il remplace l'ensemble des collecteurs d'assainissement actuels dont les exutoires vers le Vaiopu sont colmatés et collecte les eaux drainées par le principal collecteur de Vaiopu 1. Sa section atteint 1mx1.2mht pour un seuil de protection vicennal,
- des travaux de recalibrage localisés sur le lit du Vaiopu au droit de la zone d'activités jusqu'à la RDC (débit de projet de 15m³/s en N2 et 18m³/s en aval de OH3),
- l'aménagement d'un bassin écrêteur de grande capacité. Le volume de stockage atteint 4400m³ sur le site N4 ou 6600m³ sur le site N3.

5. CONCLUSION

La capacité du Vaiopu au droit de la zone d'activités, bien qu'élevée, est insuffisante localement au regard de la vulnérabilité.

Des travaux doivent être entrepris sur le lit du Vaiopu afin d'assurer un seuil de protection cohérent avec la vulnérabilité des entreprises installées dans la zone d'activités. Nous avons retenu un seuil de protection cinquantennal par sécurité mais ce seuil pourrait être réduit s'il est montré que la vulnérabilité de la zone d'activités est compatible.

L'urbanisation future programmée du bassin versant (parcelles actuellement terrassées et lotissement Vaiopu 3) induit une augmentation sensible des débits de pointe au droit de la zone d'activités. Cette augmentation doit être compensée afin de maintenir le seuil de protection dans la zone d'activités.

Les scénarii d'aménagement A et B envisagent l'aménagement d'un bassin écrêteur (A) ou l'aménagement combiné d'un bassin écrêteur et d'un nouveau collecteur dans la vallée (B). Ils permettent de préserver un seuil de protection cinquantennal au droit de la zone d'activités en état futur d'urbanisation programmé mais ne permettent pas de compenser l'aggravation de l'aléa pour une crue centennale.

Seul le scénario C permet à la fois un développement raisonné de l'urbanisation (état futur programmé) et la mise hors d'eau de la zone d'activités lors d'une crue centennale. Ce scénario envisage la création d'un nouveau collecteur et l'aménagement d'un bassin qui permet l'écrêtement de la crue centennale.

Le choix d'un scénario d'aménagement devra être décidé en concertation avec les aménageurs, la commune de Punaauia et les services instructeurs territoriaux.

Selon les enjeux et les potentialités d'aménagement, des variantes au scénarii présentés pourront être envisagées : choix du seuil de protection au droit de la zone d'activités, création d'un nouveau collecteur sur le seul tronçon aval, au droit de la zone d'activités...

Les études complémentaires à réaliser afin d'élaborer un projet d'aménagement du lit sont listées ci-dessous :

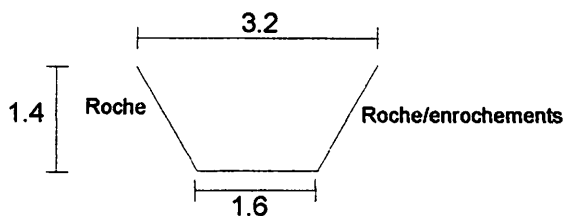
- étude de la stabilité des digues (géotechnique/ génie civil)
- levés topographiques de la basse vallée du Vaiopu (du lit à la route d'accès à la vallée) sur son cours dévié (de la RDC jusqu'à OH4),
- étude de la vulnérabilité des entreprises installées dans la zone d'activités,
- études projet des ouvrages et notamment dimensionnement des ouvrages associés au bassin écrêteur sur la base des terrassements envisagés.

ANNEXE

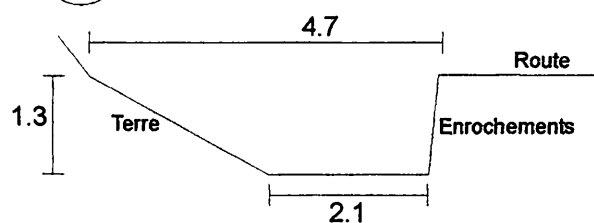
Sections des ouvrages et du lit



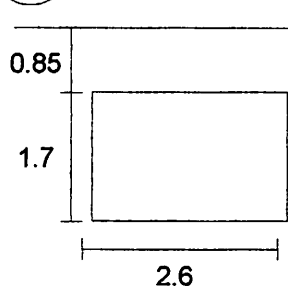
S1



S2



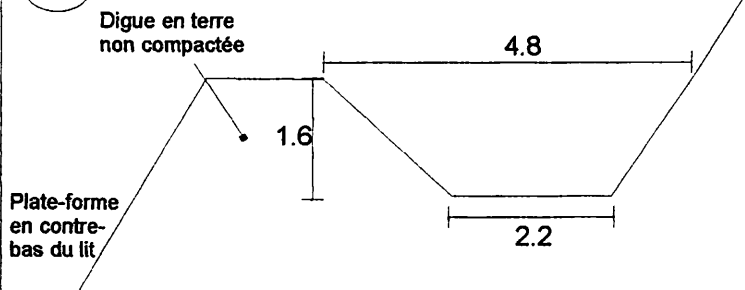
OH3 Cadre béton



- Radier érodé sous l'ouvrage (ferrailage mis à nu) et ruiné en aval
- Entonnement RD inexistant, érosion du talus en RD
- Dépôt sous l'ouvrage (tôle, rocher et fines)

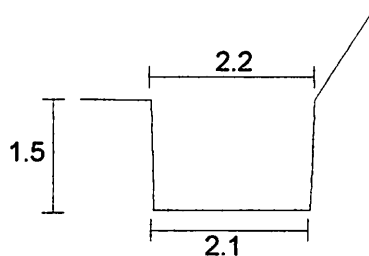
S3

Terrassements récents



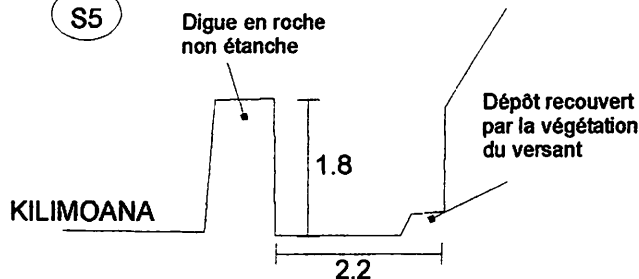
S4

- Végétation envahissante
- Dépôt dans le lit

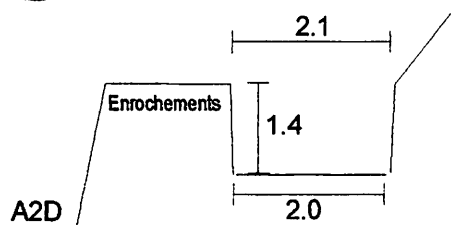


S5

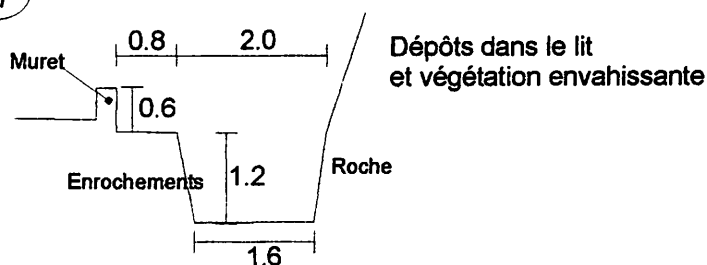
Digue en roche non étanche



S6

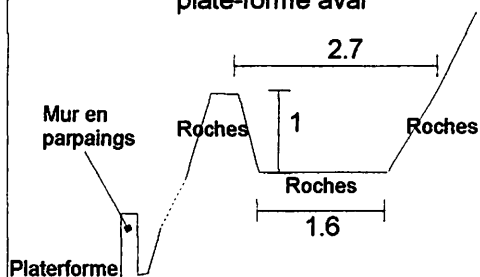


S7



S8

Section en amont immédiat d'une chute importante
Lit surplombant nettement la plate-forme aval



S9

- Erosion active du matériau cohésif du versant
- Dépôt dans le lit (matériaux terreux et bois mort)

