



CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION DE RIVIERES DE TAHITI VIA LE LIDAR DANS LE CADRE DES ATLAS DES RISQUES NATURELS DE POLYNESIE FRANCAISE

RIVIÈRE PAPEIVI

28 octobre 2024



Informations relatives au document

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Auteur(s) HERLEDAN – YASSINE – LI - GINON
Version V2

HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Version	Date	Vérfié par	Fonction	Signature
V0	10-06-2024	BENE Arnaud	Directeur de projet	
V1	30-07-2024	BENE Arnaud	Directeur de projet	
V2	28-10-2024	BENE Arnaud	Directeur de projet	

DESTINATAIRES

Nom	Entité
Emilie NOWAK CHAPELIER	Chargée de la Prévention des Risques Naturels – Direction de la Construction et de l'Aménagement
Dominique TARDY	Chargée de la Prévention des Risques Naturels – Direction de la Construction et de l'Aménagement

SOMMAIRE

1	CONTEXTE DE L'ETUDE	7
2	PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	7
3	DONNEES D'ENTREES	8
4	ENQUETE TERRAIN	9
4.1	Visite de terrain	9
4.2	Historique des évènements	13
5	ANALYSE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE	14
5.1	Méthodologie de l'analyse hydrogéomorphologique	14
5.1.1	Critères d'identification	15
5.1.1.1	La morphologie	15
5.1.1.2	Sédimentologie	16
5.1.1.3	Occupation du sol	16
5.2	Cartographie hydrogéomorphologique	17
5.2.1	Délimitation des sous-bassins versants	17
5.2.2	Identification des axes d'écoulement secondaires	17
5.2.3	Evolution du lit et érosion	17
5.2.4	Cartographie	21
6	ANALYSE HYDROLOGIQUE	28
6.1	Caractéristiques du bassin versant	28
6.1.1	Sur la base de l'étude EGIS 2010	28
6.1.2	Mise à jour des caractéristiques du bassin versant	28
6.2	Estimation des temps de concentration	30
6.3	Analyse Pluviométrique	30
6.3.1	Courbes IDF	30
6.3.2	Comparaison des courbes IDF entre la période 1958-2008 et 2008-2020	31
6.3.3	Evènement historique	32
6.4	Evaluation des débits	32
6.4.1	Etude BCEOM de 1999	32
6.4.2	Etude LTPP de 2003 (J. Danloux)	33
6.4.3	Approche de P. STOLLSTEINER	33
6.4.4	Estimation de Egis de 2024	34
6.4.4.1	Méthode rationnelle	34
6.4.4.2	Evaluation du débit de pointe centennal par la méthode du Gradex	35
6.4.4.3	Estimation n°1	36
6.4.4.4	Estimation n°2	36
6.4.5	Conclusion sur les débits	37
6.4.6	Construction des hydrogrammes	37

7	MODELISATION HYDRAULIQUE.....	38
7.1	Construction du modèle	38
7.1.1	Présentation succincte du logiciel HEC-RAS.....	38
7.1.2	Topographie	39
7.1.3	Emprise du modèle	40
7.1.4	Hydrogrammes.....	40
7.1.5	Rugosité	40
7.1.6	Description du maillage.....	41
7.1.7	Condition aval	41
7.1.8	Modélisation des ouvrages hydrauliques	41
7.1.9	Modélisation des embâcles	42
7.2	Résultats de la modélisation.....	42
7.3	Présentation de la carte générale	47
7.4	Analyse du fonctionnement des inondations.....	49
7.5	Comparaison avec les résultats antérieurs.....	49
7.6	Cartographie des aléas.....	53
7.6.1	Grille d'aléa	53
7.6.2	Traitement SIG de la cartographie des aléas	53
8	CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION RETENUE POUR LE FUTUR PPRI ..	55
9	PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS	57
9.1	Redimensionnement de l'ouvrage de franchissement de la RT.....	60
9.2	Recalibrage du cours d'eau.....	60
9.3	Piège à embâcles	62
9.4	Phasage des travaux.....	62
9.5	Chiffrage des aménagements.....	63
9.5.1	Recalibrage aval	63
9.5.2	Ouvrage de la RT.....	64
9.5.3	Recalibrage amont.....	65
9.5.4	Synthèse des aménagements proposés.....	66
10	ANNEXES	67

TABLE DES FIGURES

FIGURE 1 : ZONE D'ÉTUDE DE LA PAPEIVI	7
FIGURE 2 : LOCALISATION DES PRISES DE VUE	9
FIGURE 3 : TRAVERSÉE DE LA ROUTE TERRITORIALE (GAUCHE : VUE AVAL – DROITE : VUE AMONT)	10
FIGURE 4 : VUE DU PREMIER COUDE ET ZONE ATTERISSEMENT	10
FIGURE 5 : ZONE DE RETRECISSEMENT DU LIT (GAUCHE : PRISE DE VUE N°3 – DROITE : PRISE DE VUE N°4)	11
FIGURE 6 : AXE SECONDAIRE RG	11
FIGURE 7 : EMBACLES IDENTIFIÉS	12
FIGURE 8 : ENCAISSEMENT DE LA RIVIERE ET ATERRISSEMENTS	12
FIGURE 9 : ZONE DE PASSAGE VEHICULE	13
FIGURE 10. APPROCHE INTÉGRÉE DE CARACTÉRISATION DE L'ALÉA INONDATION (SOURCE : RIVERDENE CONSULTANCY).....	14
FIGURE 11. SCHÉMA DU SYSTÈME FLUVIAL (SOURCE : CAMPY ET MACAIRE, 1989).....	15
FIGURE 12. RELATIONS TOPOGRAPHIQUES ENTRE LES DIFFÉRENTS LITS (J.L. BALLAIS ET AL., 2005).....	16
FIGURE 13 : EXEMPLE DE SECTEUR CONTRAINT EN RIVE DROITE PAR UN VERSANT	18
FIGURE 14 : RISQUE D'ÉROSION EN FONCTION DE LA FORME DU PROFIL EN TRAVERS	19
FIGURE 15 : GRADIENT GRANULOMÉTRIQUE AMONT - AVAL DU COURS D'EAU ET LOCALISATION DES ENROCHEMENTS / PROTECTIONS DE BERGES	20
FIGURE 16. DÉLIMITATION DES SOUS-BASSINS VERSANTS DU PAPEIVI DANS LA PARTIE AVAL.....	22
FIGURE 17. IDENTIFICATION DES AXES SECONDAIRES À L'AIDE DE LA TOPOGRAPHIE ET DE PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES.....	23
FIGURE 18. LES AXES SECONDAIRES (LA PLAINE FLUVIALE) ET LES TORRENTS IDENTIFIÉS DE LA PARTIE AVAL DE LA PAPEIVI	24
FIGURE 19. ALÉAS FLUVIAUX ET TORRENTIELS DE L'AVAL DE LA PAPEIVI.....	25
FIGURE 20. ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DE L'AVAL DE LA PAPEIVI ET DÉLIMITATION DES ZONES D'ÉROSION	26
FIGURE 21. ANALYSE DES CONTRAINTES DE CISAILLEMENT (Q10) SUR LE LIT DE LA PAPEIVI POUR L'ANALYSE DU RISQUE D'ÉROSION	27
FIGURE 22 : CARTE DU BASSIN VERSANT AVAL DE LA PAPEIVI.....	29
FIGURE 23 : COMPARAISON DES COURBES IDF ENTRE 1958-2008 ET 2008-2020.....	32
FIGURE 24 : HYDROGRAMMES DE PROJET SUR LA PAPEIVI	37
FIGURE 25 : EXEMPLE DE MODÉLISATION HEC-RAS 1D/2D.....	38
FIGURE 26 : EXTRAIT DU MNT CRÉÉ POUR LA MODÉLISATION	39
FIGURE 27 : PROFIL EN TRAVERS.....	40
FIGURE 28 : SECTION AMONT DE L'OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT DE LA RT	41
FIGURE 29 : MODÈLE HEC-RAS.....	42
FIGURE 30 : HAUTEURS D'EAU POUR LA CRUE DÉCENNALE – COTE DE LA MER À 0	43
FIGURE 31 : VITESSES D'ÉCOULEMENT POUR LA CRUE DÉCENNALE – COTE DE LA MER À 0.....	44
FIGURE 32 : HAUTEURS D'EAU POUR LA CRUE CENTENNALE – COTE DE LA MER À 1.73 M	45
FIGURE 33 : VITESSES D'ÉCOULEMENT POUR LA CRUE CENTENNALE – COTE DE LA MER À 1.73 M.....	46
FIGURE 34 : CARTE GÉNÉRALE DU BASSIN VERSANT DE LA PAPEIVI	48
FIGURE 35 : HAUTEUR CALCULÉE DANS L'ÉTUDE DE 2010 POUR LA CENTENNALE.....	49
FIGURE 36 : HAUTEUR D'EAU CALCULÉE DANS L'ÉTUDE DE 2010 POUR LA DÉCENNALE	49
FIGURE 37 : ANALYSE DES ÉCOULEMENTS SUR LA CRUE CENTENNALE ET COTE DE LA MER À 1.73 M NGPF50	50
FIGURE 38 : LIGNE D'EAU POUR LES SCÉNARIOS : Q10, CL 0M ; Q50, CL 0M ; Q100, CL1M ; Q100, CL1.73M.....	51
FIGURE 39 : LIGNES D'EAU Q100 ET CL1.73M AVEC ET SANS EMBÂCLE	51
FIGURE 40 : ANALYSE DE L'INFLUENCE DU NIVEAU.....	52
FIGURE 41 : CARTOGRAPHIE DE L'ALÉA INONDATION DE LA CRUE CENTENNALE DE LA PAPEIVI AVANT LE TRAITEMENT DES ZONES EXONDÉES	54
FIGURE 42 : CARTOGRAPHIE DE L'ALÉA INONDATION DE LA CRUE CENTENNALE DE LA PAPEIVI APRÈS TRAITEMENT DES ZONES EXONDÉES	56
FIGURE 43 : LOCALISATION DES AMÉNAGEMENTS PROPOSÉS SUR LE BASSIN VERSANT DE LA PAPEIVI	58

FIGURE 44 : ZONAGE DES ENJEUX POUR LA PROPOSITION D'AMÉNAGEMENT	59
FIGURE 45 : ELARGISSEMENT DU COURS D'EAU AU NIVEAU DE LA RT	61
FIGURE 46 : COUPE TYPE D'UN COURS D'EAU RECALIBRÉ AVEC RISBERMES	61
FIGURE 47 : IMPLANTATION DES AMÉNAGEMENTS EN AMONT	62

TABLE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : LISTING DES DONNÉES D'ENTREES	8
LE TEMPS DE CONCENTRATION AINSI CALCULÉ EST SYNTHÉTISÉ DANS LE TABLEAU CI-APRÈS :TABLEAU 2 : CARACTÉRISTIQUES DU BASSIN VERSANT ET TEMPS DE CONCENTRATION	30
TABLEAU 3 : HAUTEURS D'EAU PRÉCIPITÉES D'APRÈS G. WOTLING	30
TABLEAU 4 : HAUTEURS D'EAU PRÉCIPITÉES À LA STATION DE FAA'A SUR LA PÉRIODE 1958-2008, EN MM..	31
TABLEAU 5 : HAUTEURS D'EAU PRÉCIPITÉES À LA STATION DE FAA'A SUR LA PÉRIODE 2008-2020 EN MM..	31
TABLEAU 6 : CARACTÉRISTIQUES, TC ET DURÉES CARACTÉRISTIQUES DU BV	34
TABLEAU 7 : DÉBITS POUR LA PÉRIODE DE RETOUR 10 ANS - ESTIMATION 1	36
TABLEAU 8 : DÉBITS POUR LA PÉRIODE DE RETOUR 100 ANS – ESTIMATION 1	36
TABLEAU 9 : DÉBITS POUR LA PÉRIODE DE RETOUR 10 ANS - ESTIMATION 2	36
TABLEAU 10 : DÉBITS POUR LA PÉRIODE DE RETOUR 100 ANS – ESTIMATION 2	36
TABLEAU 11 : DÉBITS CALCULÉS SUR LE BASSIN VERSANT DE LA VAHIRIA SELON LES DIFFÉRENTES MÉTHODES	37
TABLEAU 12 : COEFFICIENTS DE MANNING SELON LE TYPE DE SURFACE	41
TABLEAU 13 : GRILLE DE QUALIFICATION DU NIVEAU D'ALÉA.....	53
TABLEAU 14 : ESTIMATION DU COÛT DES TRAVAUX POUR LE RECALIBRAGE AVAL	63
TABLEAU 15 : ESTIMATION DU COÛT DES TRAVAUX POUR L'OUVRAGE DE LA RT	64
TABLEAU 16 : ESTIMATION DU COÛT DES TRAVAUX POUR LE RECALIBRAGE AMONT	65

SIGLES

MNT	Modèle Numérique de Terrain
PPR	Plan de Prévention des Risques
PK	Point Kilométrique
RD	Rive Droite
RG	Rive Gauche
RT	Route Territoriale

1 CONTEXTE DE L'ETUDE

L'étude porte sur la cartographie de l'aléa inondation au droit des cours d'eau de la Vaihiria et de la Vairaharaha situées sur la commune de Teva I Uta et de la Papeivi (située sur la commune de Faaone).

Dans la continuité de la mise à jour des cartes d'aléa inondation issues des précédents Plans de Prévention des Risques (PPR) menés à l'état de projet, la mission consiste à cartographier l'aléa inondation à partir d'expertises hydrogéomorphologiques et des modélisations hydrauliques précises.

Les objectifs sont les suivants :

- Mettre à jour et affiner le diagnostic hydraulique afin de localiser les débordements et d'en estimer les conséquences en termes d'aléa inondation ;
- Mettre à jour la cartographie de l'aléa inondation ;
- Proposer des aménagements hydrauliques qui permettront de supprimer – ou du moins de limiter – ces débordements selon les différentes périodes de retour de crues.

Le présent rapport porte sur la rivière Papeivi sur un linéaire d'environ 1.5 km à partir de l'embouchure.

2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude se situe sur l'île de Tahiti, sur la commune de Faaone, au niveau du Point Kilométrique (PK) 51.1.



FIGURE 1 : ZONE D'ETUDE DE LA PAPEIVI

3 DONNEES D'ENTREES

Dès le démarrage de l'étude, un recueil de données approfondi a été effectué en identifiant toutes les sources d'informations existantes.

Cette phase a permis de recueillir les documents suivants :

TABLEAU 1 : LISTING DES DONNEES D'ENTREES

Type	Contributeur	Année
Cartographie de l'aléa inondation au droit des cours d'eau de Polynésie Française – Programme ARAI 2 – un modèle hydraulique a été réalisé dans le cadre de cette étude	EGIS	2009
Données topographiques sur le cours d'eau – 10 profils en travers	WILD	2023
Plans de l'ouvrage de la RT	DCE	2012
Modèle Numérique de Terrain (MNT) – MNT de l'île en précision 5m x 5m	DCE	2013
Modèle Numérique de Terrain (MNT) – MNT du littoral de Mataiea en précision 0.5 m par 0.5 m	DCE	2015

4 ENQUETE TERRAIN

4.1 Visite de terrain

L'enquête de terrain réalisée en septembre 2023 a permis :

- De recenser l'ensemble des ouvrages hydrauliques ayant un impact sur la formation et l'écoulement des crues
- D'analyser le processus d'inondation et d'identifier les axes structurants les écoulements
- D'identifier toutes les données générales nécessaires à la mise à jour du modèle de simulation
- De relever les éventuels repères de crues existants
- D'identifier les axes secondaires menés suite à l'analyse hydro-géomorphologique

La carte ci-dessous permet de localiser les prises de vues et questionnaire réalisé.

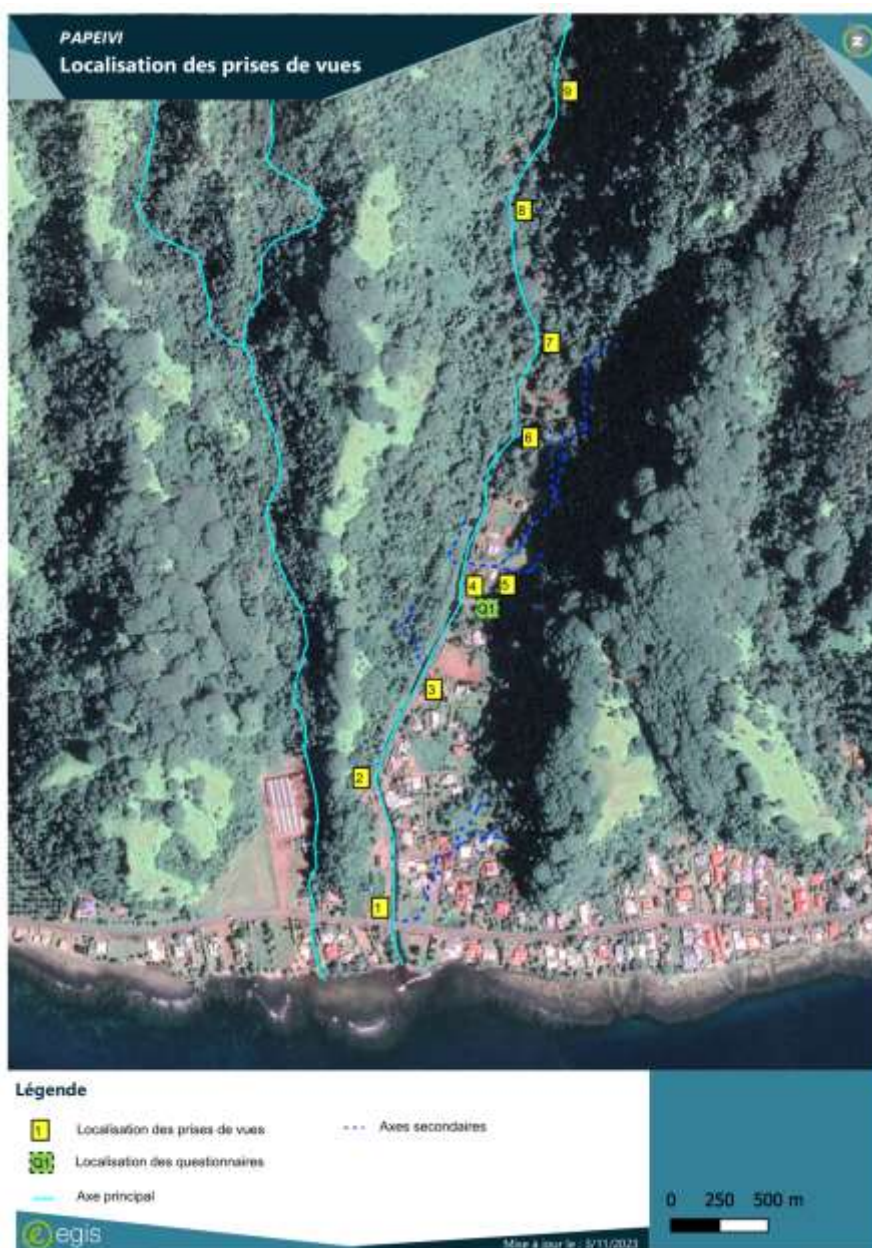


FIGURE 2 : LOCALISATION DES PRISES DE VUE

Les principales observations relevées sur le terrain sont les suivantes :

- Prise de vue n°1 : Au niveau du franchissement de la route territoriale, se trouve le pont existant permettant la traversée de la Papeivi situé à une centaine de mètre de l'embouchure. En amont et aval de cet ouvrage, le lit du cours d'eau est protégé par des enrochements. La granulométrie du lit de la rivière sur la zone amont/aval est de l'ordre du centimétriques. En amont de la RT, le lit est entretenu on observe peu de végétation sur les berges.



FIGURE 3 : TRAVERSEE DE LA ROUTE TERRITORIALE (GAUCHE : VUE AVAL – DROITE : VUE AMONT)

- Prise de vue n°2 : Au droit du premier coude de la rivière, le tracé du lit est rectiligne et quelques zones d'atterrissements sont observées.



FIGURE 4 : VUE DU PREMIER COUDE ET ZONE ATTERVISSEMENT

- Prise de vue n°3 et 4 : Le cours d'eau est homogène jusqu'à la prise de vue n°3 puis se rétrécit jusqu'à la prise de vue n°4 sur environ 150ml. Les berges sont très végétalisées.



FIGURE 5 : ZONE DE RETRECISSEMENT DU LIT (GAUCHE : PRISE DE VUE N°3 – DROITE : PRISE DE VUE N°4)

- Prise de vue n°5 : L'analyse hydrogéo-morphologique a montré la présence d'un axe secondaire en RG de la Papeivi. Sur ce secteur un riverain (Annexe 1) a mentionné qu'en cas de fortes pluies, la source d'inondation provient de cette zone et non du cours d'eau actuel. Selon ce même échange avec le riverain, le cours d'eau aurait été dévié. Lors de la visite de site aucun affluent n'a été identifié, seul un caniveau/fossé de drainage a été identifié, ne disposant pas d'exutoire vers la Papeivi.



FIGURE 6 : AXE SECONDAIRE RG

- Prise de vue n°6 et n°8 : Dans cette zone, on observe de nombreux embâcles, ce secteur est encombré par la végétation et nécessite un entretien.



FIGURE 7 : EMBACLES IDENTIFIES

- Prise de vue n°7 : On observe sur ce secteur une accélération, un encaissement du cours d'eau et de nombreuses zones d'atterrissements. Des enrochements, dont la pente est très raide, soutiennent la berge en RG. La granulométrie du lit est ici décimétrique.



FIGURE 8 : ENCAISSEMENT DE LA RIVIERE ET ATERRISSEMENTS

- Prise de vue n°9 : Le cheminement du cours d'eau s'est arrêté au niveau de la zone de traversée des véhicules. De la prise de vue n°8 à la prise de vue n°9, le cours d'eau était homogène, caractérisé par une végétation abondante et non maîtrisée, une granulométrie décimétrique et des zones d'atterrissements.



FIGURE 9 : ZONE DE PASSAGE VEHICULE

4.2 Historique des évènements

Aucun évènement majeur n'a été identifié ni relevé lors des enquêtes terrains réalisés.

Cependant les études antérieures réalisées ont identifié les évènements suivants :

- Inondation de la zone amont de la route territoriale en rive gauche à la suite du cyclone Veena en avril 1983 ;
- Source d'inondation en relation avec un affluent en rive gauche. Cette source d'inondation doit être mise en relation avec l'axe secondaire identifié par l'analyse hydromorphologique effectuée. Toutefois, l'enquête de terrain menée et les déclarations du riverain interrogé, qui réside ici depuis plus de dix ans, n'ont pas indiqué qu'il avait subi des inondations.

5 ANALYSE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE

5.1 Méthodologie de l'analyse hydrogéomorphologique

La méthodologie présentée dans cette étude se base principalement sur les travaux de Ballais et al. (2011) « la méthode hydrogéomorphologique de détermination des zones inondables » et Montané (2014) « l'approche hydrogéomorphologique : pratiques, valorisations et développement d'une méthode de cartographie des zones inondables ».

L'hydrogéomorphologie est une méthodologie géographique appliquée qui étudie les fonctions naturelles des cours d'eau en analysant la structure des vallées fluviales. Il s'agit de l'une des trois approches de l'étude du risque inondation, avec les études historiques et la modélisation hydraulique (Figure 10).

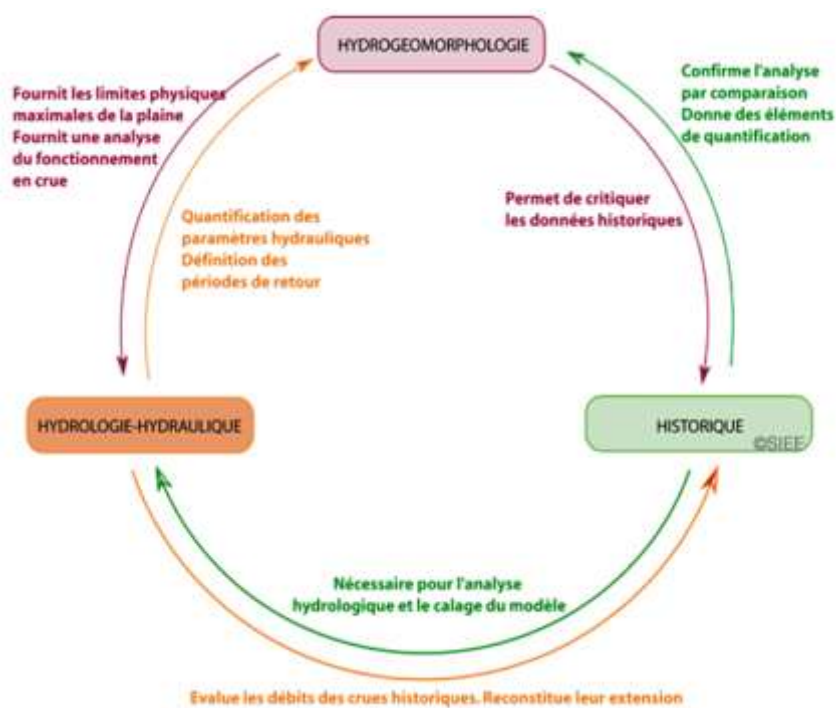


FIGURE 10. APPROCHE INTEGREE DE CARACTERISATION DE L'ALEA INONDATION (SOURCE : RIVERDENE CONSULTANCY)

L'approche hydrogéomorphologique est avant tout une approche géomorphologique, applicable aux vallées et aux plaines inondables. Il s'agit d'une approche naturaliste qui s'inscrit dans les développements récents de la géomorphologie fluviale (Ballais et al., 2011). Schumm (1977) a proposé de diviser les systèmes fluviaux en trois zones d'amont en aval : la zone amont est la zone d'alimentation associée à l'ablation et au mouvement des sédiments, la zone de transit est la zone de transit et de dépôt partiel des sédiments, et la zone aval est la zone d'accumulation des sédiments (Figure 11).

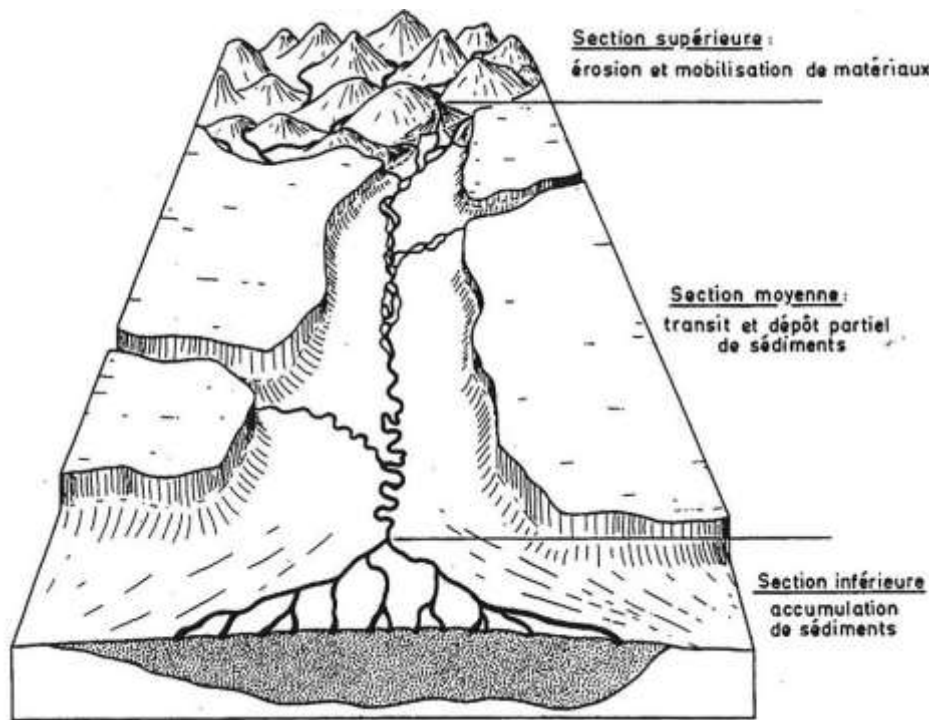


FIGURE 11. SCHEMA DU SYSTEME FLUVIAL (SOURCE : CAMPY ET MACAIRE, 1989)

Sur la base de ce schéma, l'approche hydrogéomorphologique consiste à déterminer les différentes formes de la plaine d'inondation tout au long de ce profil, c'est-à-dire à étudier le profil en travers de la plaine d'inondation et ensuite son évolution vers l'amont et vers l'aval.

5.1.1 Critères d'identification

La clé de l'interprétation hydrogéomorphologique est d'intégrer des critères d'identification dans les domaines de la morphologie, de la sédimentologie, de l'occupation des sols et des données historiques (Montané et al., 2014).

5.1.1.1 La morphologie

L'observation de la morphologie est souvent la porte d'entrée de l'interprétation. Le regard du géomorphologue doit se tourner vers l'identification des ruptures de pente, synonymes de changements d'unités, ainsi que des surfaces subhorizontales, caractéristiques des formations alluviales (Derruau, 1974 ; Masson et al., 1996 ; Nanson et Croke, 1992).

Le lit d'un cours d'eau est une unité spatiale située entre deux pentes consécutives qui forment la surface d'écoulement de l'eau (Figure 11). La classification du lit d'un cours d'eau dépend de son débit, qui peut aller de l'étiage aux crues extrêmes (Ballais et al., 2011).

Le lit mineur des cours d'eau (lit à faible débit) présente des formes actives de la dynamique du chenal qui changent fréquemment. Différents types de bancs sédimentaires (bars) peuvent être observés et fournir des informations sur la direction de la migration du chenal. Etant fréquemment en eau, le lit mineur est peu ou pas colonisé par la végétation aérienne.

Le lit moyen est séparé du lit mineur par un talus ; il s'agit d'une surface située à une hauteur intermédiaire entre le lit mineur et le lit majeur. Ces strates se rencontrent principalement dans les régions à fort contraste pluviométrique (Delorme-Laurent, 2007), comme la région méditerranéenne, et principalement dans les zones de transfert fluvial. Le lit moyen présente une topographie irrégulière composée de chenaux et de zones de dépôt de sédiments grossiers en raison des forts courants qui peuvent s'écouler sur la surface du lit. La fréquence d'inondation de cette surface varie de 1 à 10 ans (Masson et al., 1996). L'occupation du sol dans le

lit moyen du cours d'eau consiste principalement en une végétation riveraine dense, et les traces d'activité humaine sont à peine visibles en raison de la fréquence et de l'intensité de l'écoulement de l'eau.

Le lit majeur est situé directement au-dessus du lit moyen. Contrairement aux lits mineur et moyen, le lit majeur présente une topographie très régulière, représentant les courants les moins actifs et les plus fréquents qui l'atteignent. Cette strate est principalement constituée de grains fins. Le lit majeur est très prisé par les sociétés humaines pour ses sols fertiles et ses surfaces planes faciles à exploiter.

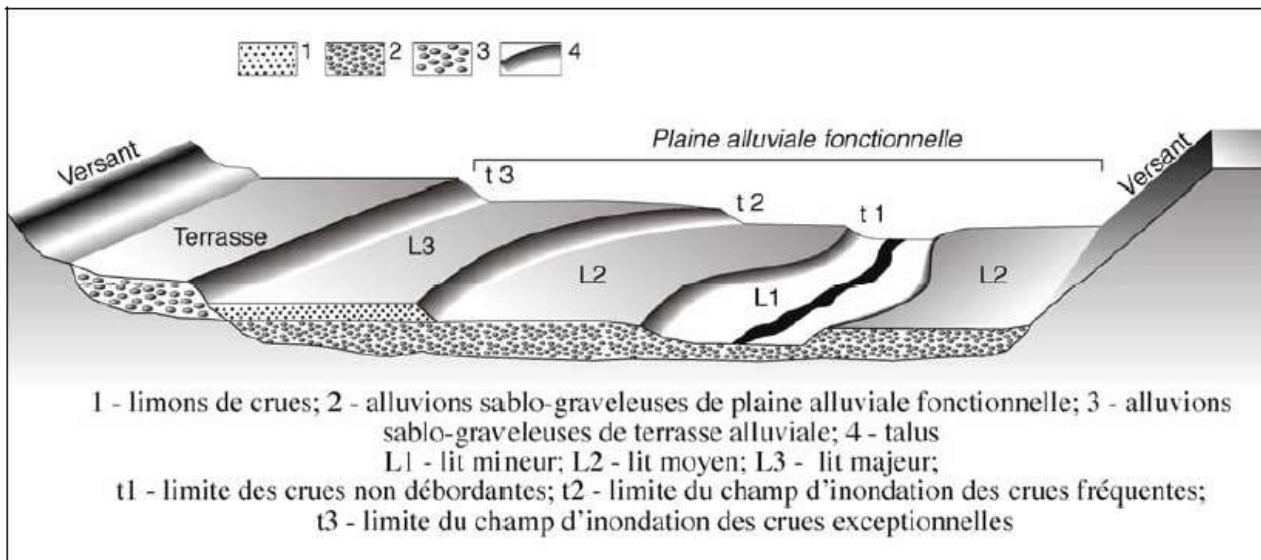


FIGURE 12. RELATIONS TOPOGRAPHIQUES ENTRE LES DIFFERENTS LITS (J.L. BALLAIS ET AL., 2005)

5.1.1.2 Sédimentologie

Les unités de plaine d'inondation sont constituées de matériaux déposés par la rivière, tels que le limon et le sable, ou de matériaux plus grossiers, tels que les galets qui ont été arrondis par la rivière. En revanche, les unités de l'encaissant sont constituées de matériaux anguleux ou de matériaux trop gros pour la capacité de transport de la rivière. **Les études sédimentologiques** sont particulièrement importantes en cas de doute sur la localisation des limites de la plaine d'inondation, par exemple entre le lit principal de la rivière et les alluvions qui adoucissent les pentes extérieures du lit principal de la rivière par un écoulement diffus (Ballais et al., 2011 ; Delorme-Laurent, 2007).

5.1.1.3 Occupation du sol

En plus des deux premiers critères, il est important de s'intéresser à **l'occupation du sol**, qui fournit des indices précieux pour déterminer la vulnérabilité d'une zone aux inondations. Par exemple, les comparaisons entre la végétation hydrophile (peuplier, aulne, frêne, etc.) et les espèces végétales qui n'aiment pas l'humidité dans les zones inondables peuvent s'avérer être des indicateurs intéressants (Ballais et al., 2011 ; Masson et al., 1996).

La manière dont les sociétés humaines ont aménagé leurs territoires peut fournir de nombreux indices utiles. Par exemple, l'âge des bâtiments doit être pris en compte. D'un point de vue schématique, les bâtiments les plus anciens sont situés en dehors de la zone inondable, alors que les bâtiments les plus récents (par exemple les quartiers résidentiels) occupent souvent la zone inondable (Masson et al., 1996).

En raison des limites des données disponibles, l'étude actuelle se base principalement sur des observations morphologiques à l'aide de MNT et des analyses historiques à l'aide de photographies aériennes.

5.2 Cartographie hydrogéomorphologique

Une analyse hydrogéomorphologique a été réalisée sur la Papeïvi par cette étude. Cette analyse se concentre principalement sur la plaine alluviale en aval où les données sont disponibles.

5.2.1 Délimitation des sous-bassins versants

Afin de mieux comprendre le fonctionnement de chaque bassin versant, la première étape consiste à **délimiter les sous-bassins versants et le réseau hydrographique** (Figure 16).

Pour Papeïvi, on constate que ce sont principalement les sous-bassins des zones montagneuses les plus élevées qui alimentent les cours d'eau et les ruisseaux des sous-bassins urbanisés situés en aval se jettent souvent directement dans la mer (Figure 16).

5.2.2 Identification des axes d'écoulement secondaires

Pour **identifier les axes d'écoulement secondaires** dans la plaine d'inondation, nous avons analysé et comparé les réseaux hydrologiques, les photographies aériennes et le MNT afin d'éliminer les faux écoulements (Figure 17). La Figure 18 montre les axes d'écoulement secondaires et les principaux torrents identifiés. Ces axes secondaires ont également fait l'objet d'une vérification sur le terrain.

En raison de la situation géographique particulière de l'île de Tahiti, les zones de production, de transit et les zones d'accumulation des sédiments sont très proches les unes des autres. Les cours d'eau ne disposent pas d'une distance et d'un espace suffisants pour former clairement le lit mineur, moyen et majeur. De plus, la zone aval est fortement urbanisée avec des bâtiments, des routes et des digues, ce qui rend l'identification encore plus difficile.

La Figure 19 montre les résultats de l'analyse de l'**aléa d'inondation**, qui correspond **aux limites du lit mineur des axes d'écoulement secondaires identifiés** dans la plaine d'inondation. L'aléa torrentiel est défini par la largeur du fond de vallée dans laquelle le torrent s'écoule.

5.2.3 Evolution du lit et érosion

Le risque d'érosion a été analysé selon les 4 étapes suivantes :

1. Analyse de l'évolution du lit et divagations passées :

L'analyse de l'évolution du lit permet de comprendre les changements historiques du lit pour anticiper ses trajectoires futures et identifier les sections susceptibles de subir une érosion ou une divagation.

L'évolution du lit a été analysée à l'aide d'anciennes photographies aériennes géoréférencées (Figure 20).

Les bandes actives des cours d'eau ont été délimitées et comparées à chaque période. La tendance est plutôt à la rétractation de la bande active, notamment pour la Papeïvi. Le cours d'eau d'aujourd'hui est bien plus étroit, les débits sont plus faibles et les capacités de transport semblent avoir fortement diminué. Une des raisons pouvant être à l'origine de ces phénomènes peut être la construction de barrages en amont du bassin versant qui ont très certainement eu pour effet de réduire fortement les débits et par conséquent les capacités de transport.

Il a toutefois été possible de délimiter des traces de méandres qui ont servi à la délimitation de l'expansion maximale potentielle d'une érosion. Les secteurs les plus sensibles à l'érosion ont donc pu être délimités ainsi que leur emprise potentielle.

2. Analyse de la topographie des berges :

Après cette première délimitation planimétrique, l'objectif était d'analyser des données topographiques pour identifier les secteurs qui sont naturellement contraints latéralement par un versant. Ces secteurs sont donc à exclure des zones à risque d'érosion car le cours d'eau n'est pas en mesure de divaguer latéralement. L'analyse

des profils en travers tracés à partir du MNT disponible, a permis d'identifier les secteurs critiques où la pente des berges les rend instables et plus vulnérables à l'érosion.

Un exemple est présenté sur la Figure 13 ci-dessous. Bien que le cours d'eau semble former un méandre sur ce secteur ce qui pourrait laisser entendre que la zone concave est potentiellement soumise au risque d'érosion, la topographie en rive droite ne permettra clairement pas au cours d'eau de poursuivre cette érosion. Ce secteur est donc à exclure des zones à risque d'érosion, initialement digitalisé à partir de l'évolution des bandes actives.

Cette opération a été menée sur tout le linéaire du cours d'eau afin d'exclure rapidement les secteurs non concernés par ce risque.

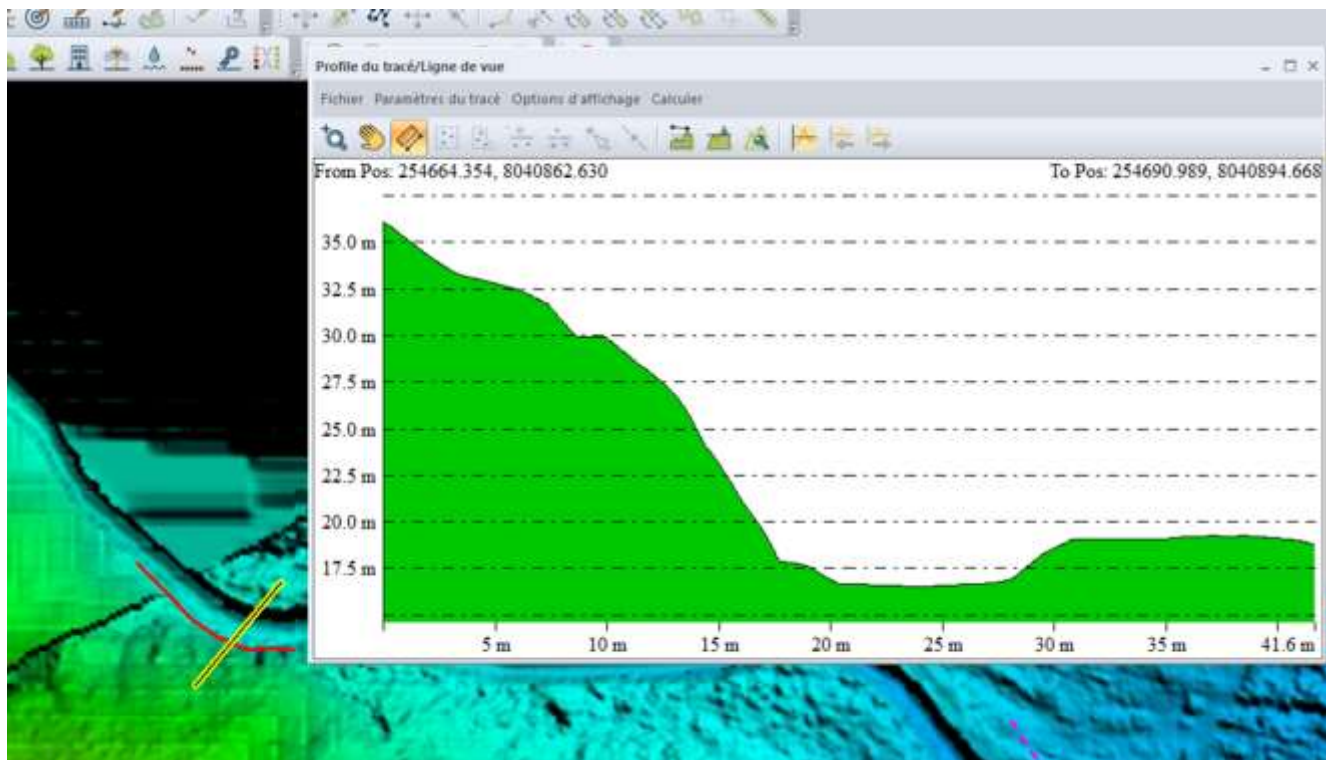


FIGURE 13 : EXEMPLE DE SECTEUR CONTRAINT EN RIVE DROITE PAR UN VERSANT

La forme du profil en travers influence également considérablement les processus d'érosion au sein d'un cours d'eau, car elle affecte la répartition de l'énergie et des forces hydrauliques sur les berges et le lit du cours d'eau.

Une forme en « U » ou « V » indique que le profil en travers est étroit et que l'énergie est canalisée dans le lit (Figure 14). Le risque est donc lié à l'incision sur ces secteurs plutôt qu'à l'érosion latérale. Au fur et à mesure que le profil s'élargit et que le cours d'eau devient moins profond, l'érosion de berge est donc favorisée par rapport à celle du lit.

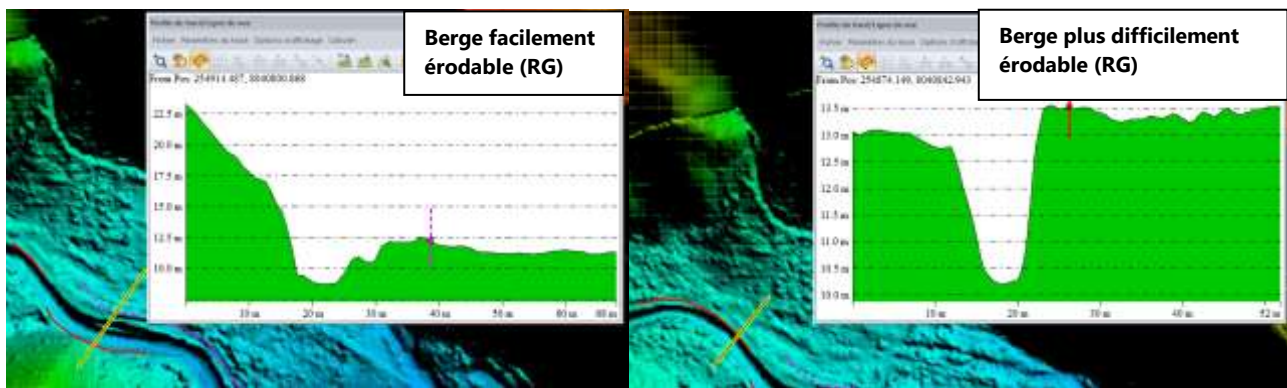


FIGURE 14 : RISQUE D'ÉROSION EN FONCTION DE LA FORME DU PROFIL EN TRAVERS

3. Analyse des données de terrain :

Les données issues des campagnes de terrain ont également permis d'affiner cette analyse. En effet les investigations terrain ont permis d'analyser la composition des sédiments des berges du lit (graviers, sables, limons). Les matériaux fins du type sables, limons sont beaucoup plus sensibles à l'érosion que des blocs ou galets. Cette information associée à l'analyse des contraintes de cisaillement (voir section suivante) permet de conclure quant à l'érodabilité des berges.

La végétation des berges peut aussi jouer un rôle stabilisateur non négligeable. Les zones fortement végétalisées avec une présence d'espèces ligneuses, bien enracinées ont également été prises en compte pour évaluer la vulnérabilité des berges à l'érosion.

Enfin, le parcours du cours d'eau a permis d'identifier les secteurs où des protections de berges sont disposées (Figure 15 C). Ces linéaires ont été exclus des zones potentiellement érodables étant donné que les berges sont protégées par ces ouvrages. Leur qualité devra toutefois être surveillée avec le temps : un enrochement qui commence à être affouillé peut, à terme, s'effondrer et rendre la berge concernée, de nouveau vulnérable à l'érosion. Par ailleurs ces ouvrages sont implantés sur des secteurs à enjeux d'où l'intérêt de bien suivre leur évolution dans le temps et assurer leur maintenance.

A) Granulométrie amont



B) Granulométrie intermédiaire



C) Secteur enroché en aval



FIGURE 15 : GRADIENT GRANULOMETRIQUE AMONT - AVAL DU COURS D'EAU ET LOCALISATION DES ENROCHEMENTS / PROTECTIONS DE BERGES

4. Analyse de la contrainte de cisaillement :

Afin de compléter et clôturer l'analyse, la contrainte de cisaillement issue des modélisations réalisées (voir section 7 Modélisation hydraulique) a été analysée. Une contrainte de cisaillement élevée signifie que l'eau exerce une force importante sur le lit et les berges d'un cours d'eau. Cela peut entraîner des érosions, surtout si les matériaux constitutifs des berges le permettent (matériaux friables et peu résistants à l'image des limons et des sables).

Par ailleurs, un cisaillement élevé est un indicateur d'un fort transport solide. Plus la contrainte est élevée, plus il y a de chances que des sédiments soient déplacés et transportés par les écoulements. Si la contrainte dépasse la résistance du substrat, cela peut provoquer une dégradation progressive du lit et des berges.

Dans le cas de la présente étude, la crue décennale a été retenue pour analyser la contrainte de cisaillement. En effet, le cisaillement est plus élevé pour les crues non ou peu débordantes car les écoulements sont concentrés dans le lit ce qui favorise la mobilisation des sédiments. Ceci justifie donc le choix de cette occurrence et non d'une occurrence plus forte.

Les résultats de cette analyse sont présentés sur la Figure 21. Les secteurs où la contrainte est élevée ($> 50 \text{ N/m}^2$) sont généralement les plus vulnérables aux phénomènes d'érosion. En superposant ces résultats au

diagnostic terrain, à l'analyse de la topographie et à l'analyse de l'évolution du lit, il est ainsi possible de confirmer / supprimer les zones les plus susceptibles à l'érosion identifiées dans les étapes préalables.

5.2.4 Cartographie

La cartographie des éléments hydrogéomorphologiques délimités pour la rivière de la Papeivi est présentée ci-dessous :

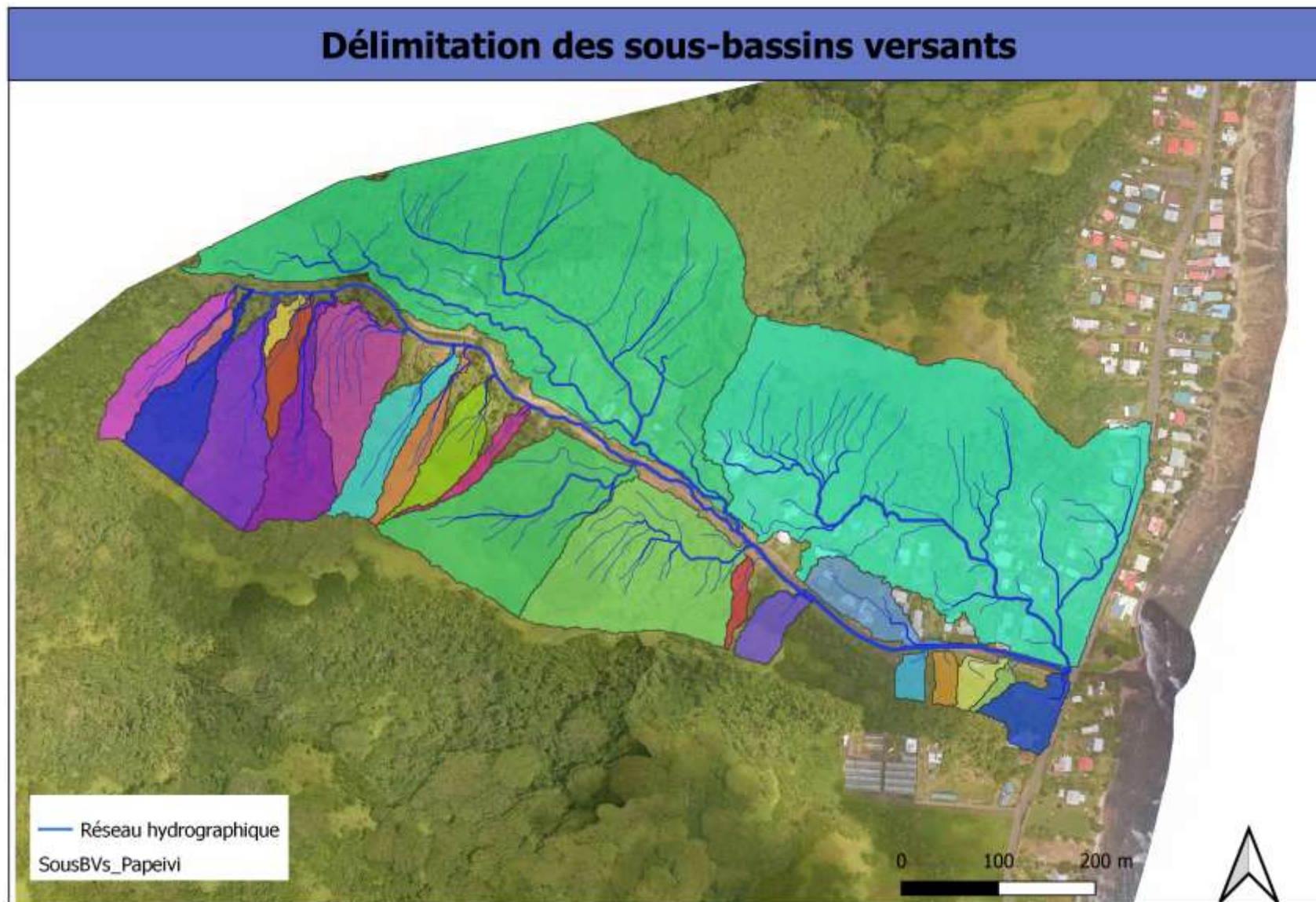


FIGURE 16. DELIMITATION DES SOUS-BASSINS VERSANTS DU PAPEIVI DANS LA PARTIE AVAL

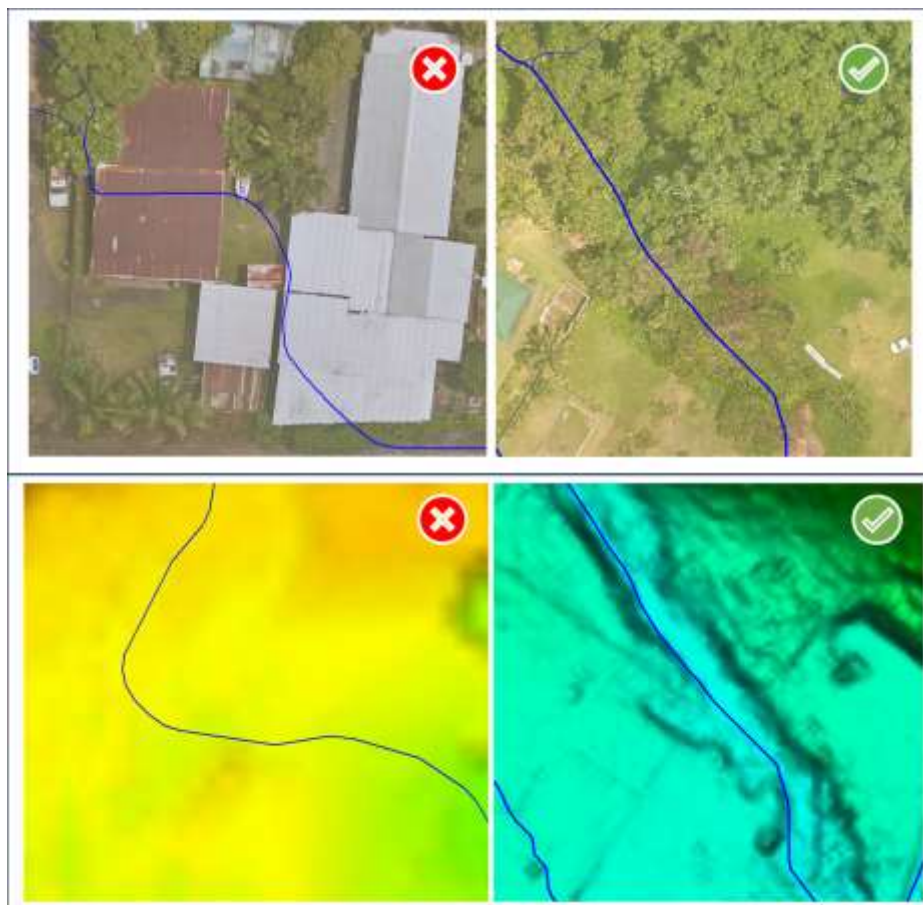


FIGURE 17. IDENTIFICATION DES AXES SECONDAIRES A L'AIDE DE LA TOPOGRAPHIE ET DE PHOTOGRAPHIES AERIENNES

Identification des axes secondaires et des torrents

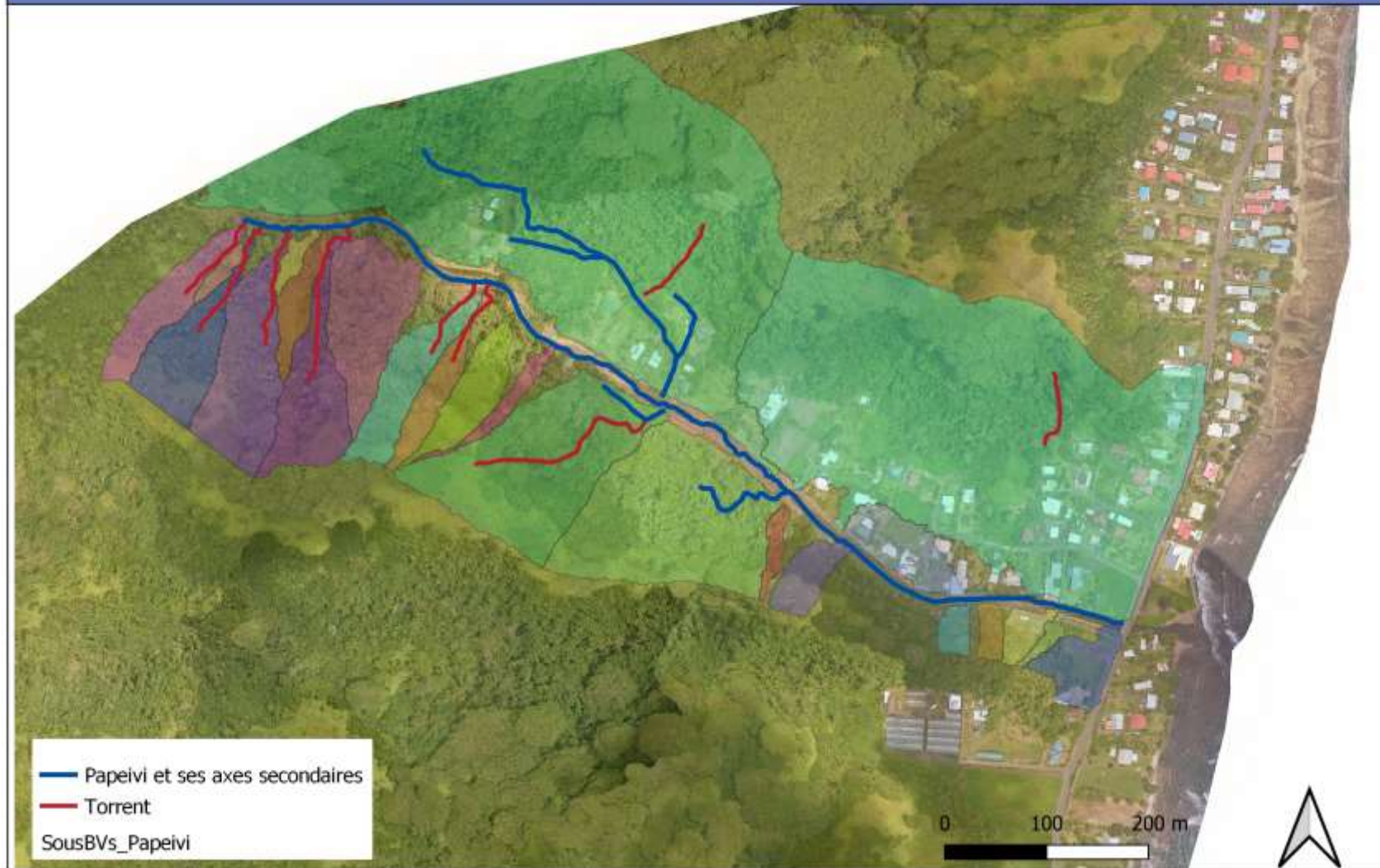


FIGURE 18. LES AXES SECONDAIRES (LA PLAINE FLUVIALE) ET LES TORRENTS IDENTIFIES DE LA PARTIE AVAL DE LA PAPEIVI

Aléas fluviaux et torrentiels

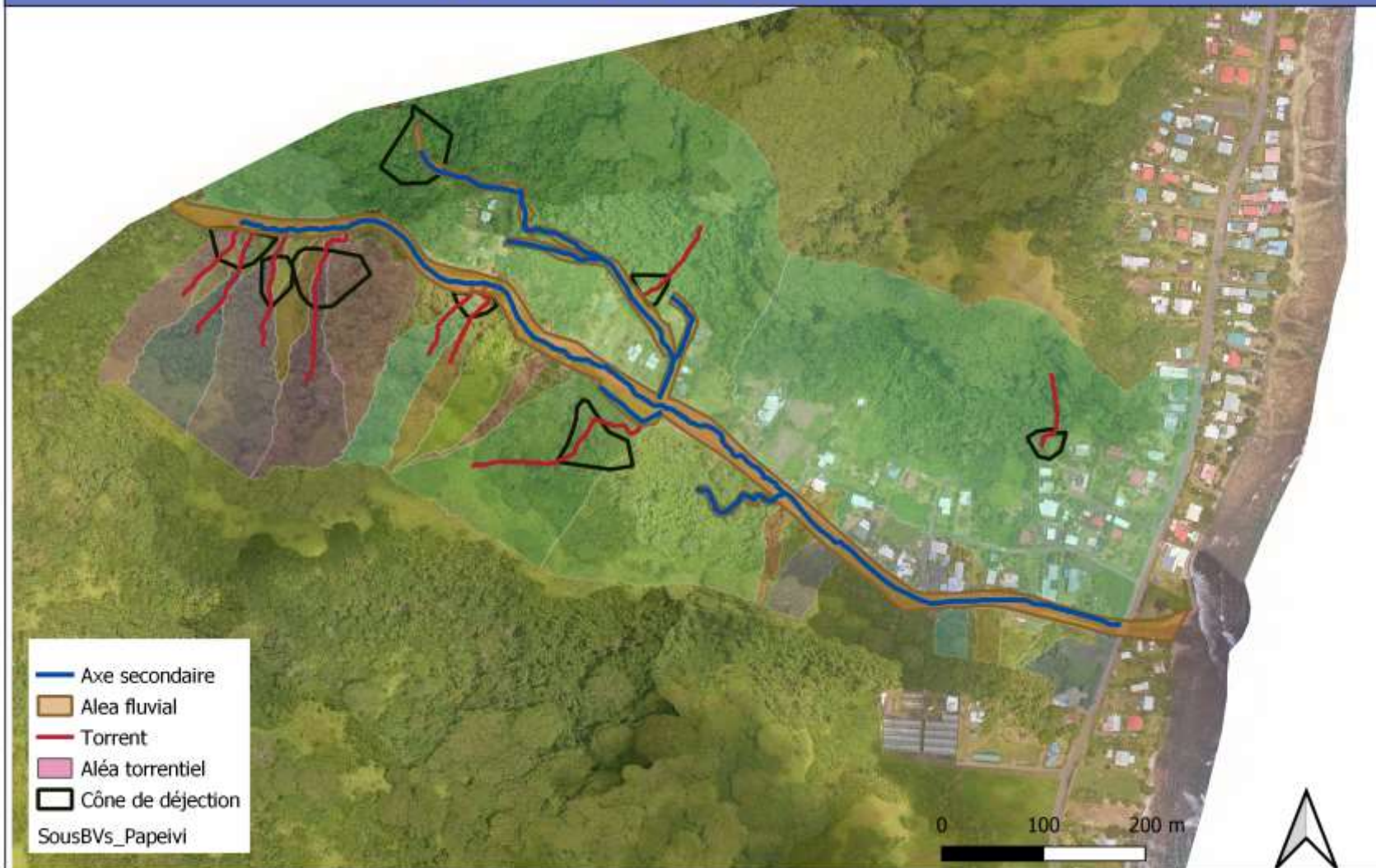


FIGURE 19. ALEAS FLUVIAUX ET TORRENTIELS DE L'AVAL DE LA PAPEIVI

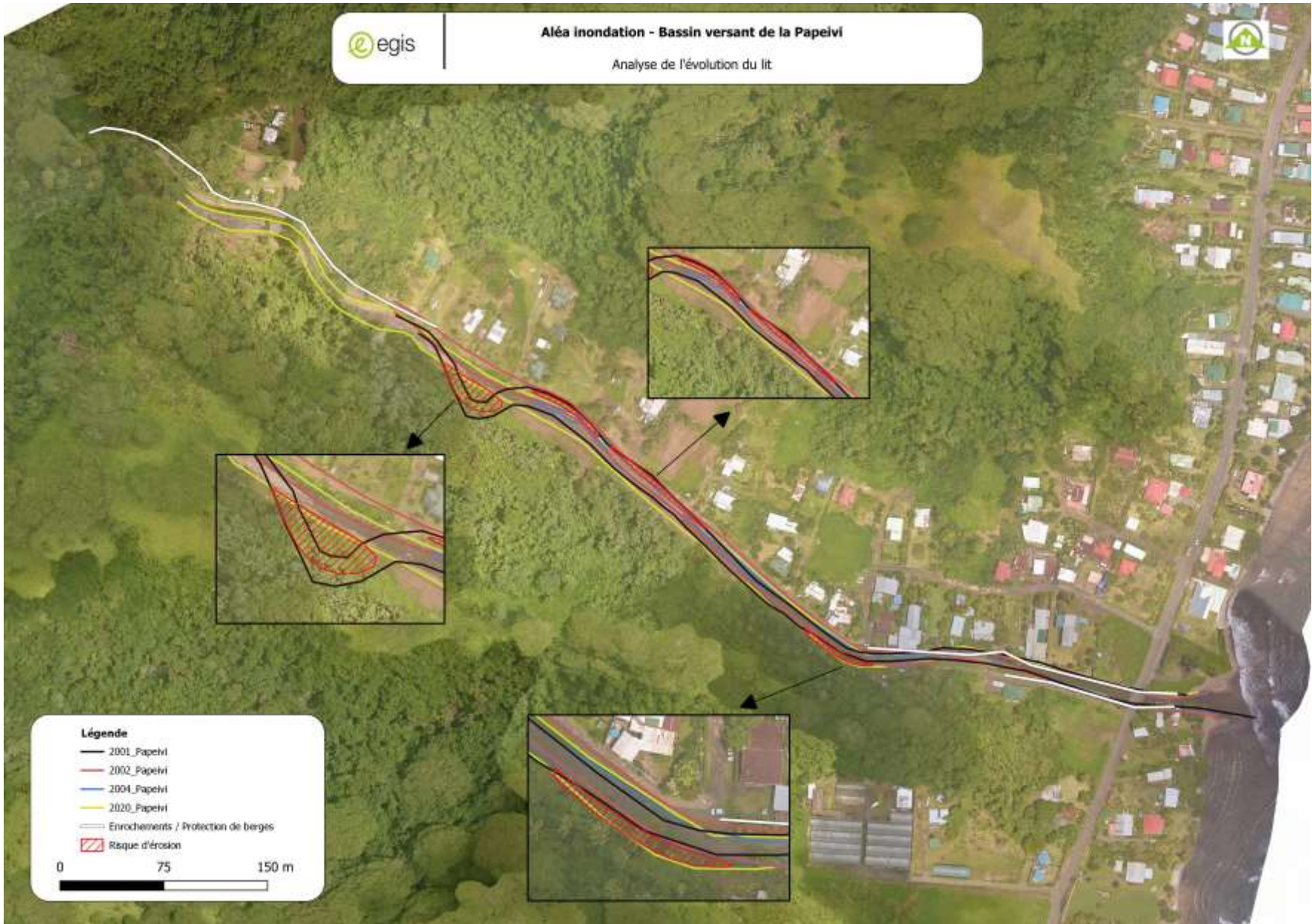


FIGURE 20. ANALYSE DE L'EVOLUTION DE L'AVAL DE LA PAPEIVI ET DELIMITATION DES ZONES D'EROSION

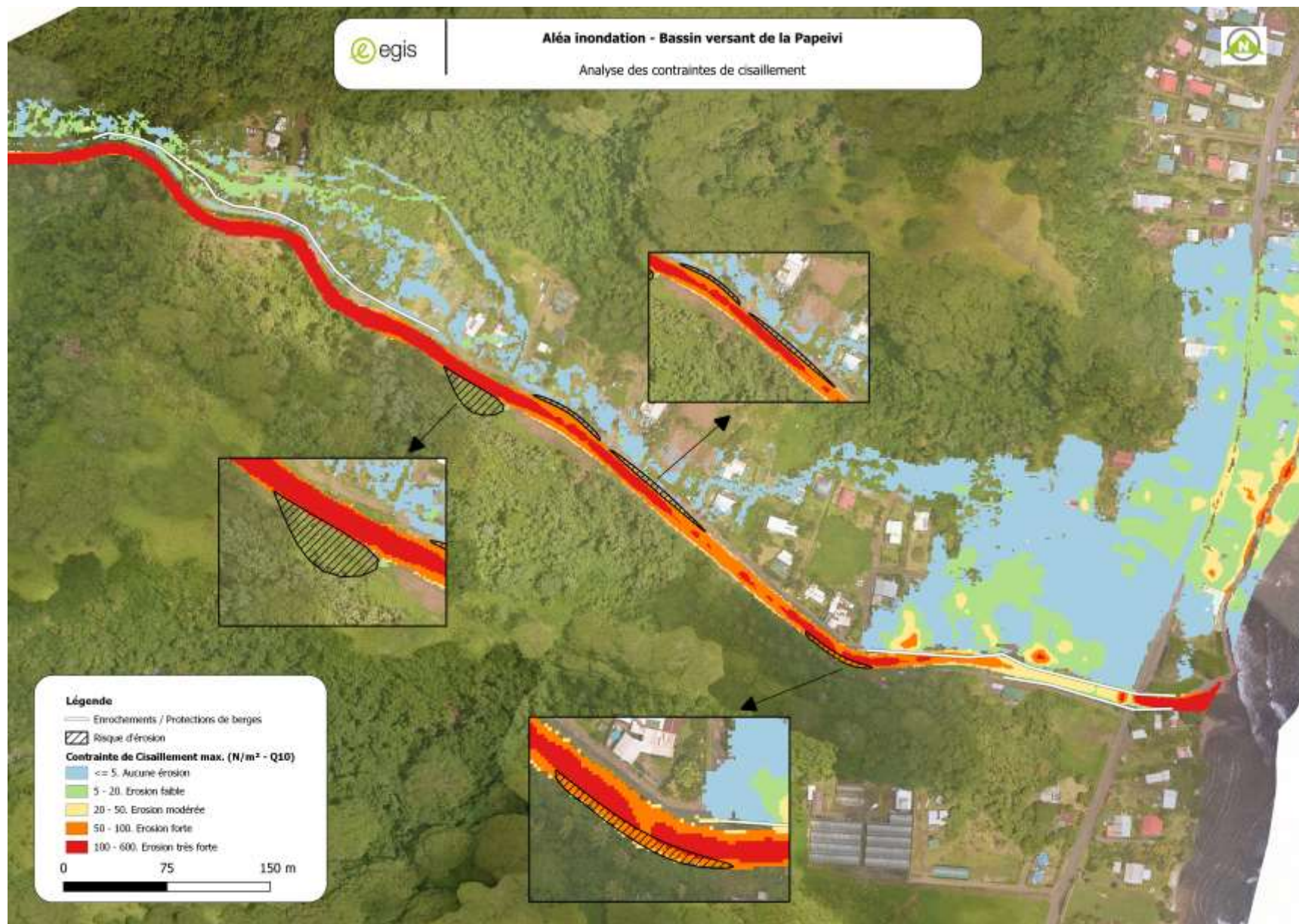


FIGURE 21. ANALYSE DES CONTRAINTES DE CISAILLEMENT (Q10) SUR LE LIT DE LA PAPEIVI POUR L'ANALYSE DU RISQUE D'ÉROSION

6 ANALYSE HYDROLOGIQUE

6.1 Caractéristiques du bassin versant

Le bassin versant de la Papeivi se situe sur se situe sur l'un des secteurs les plus arrosés de l'île de Tahiti.

Le climat est de type tropical océanique humide avec une saison des pluies (été austral) de novembre à avril et une saison sèche (hiver austral) de mai à octobre.

Le bassin versant est essentiellement constitué de forêts. Seule la plaine littorale est urbanisée.

6.1.1 Sur la base de l'étude EGIS 2010

Les principales caractéristiques du bassin versant citées en 2010 sont les suivantes :

- Surface : 2.86 km²
- Plus long cheminement hydraulique : 3000 m,
- Dénivelée entre sommet du bassin et exutoire : 450 m,
- Indice de pente : 139m/km
- Temps de concentration (Kirpich) : 0.15h

6.1.2 Mise à jour des caractéristiques du bassin versant

Grâce à une modernisation des données (topographie plus précise, nouveaux outils de SIG, actualisation des coefficients de Montana...), une actualisation des caractéristiques a été faite :

- Surface : 2.88 km²
- Périmètre : 17.19 km
- Plus long cheminement hydraulique : 6300 m
- Altitude moyenne : 346 m
- Dénivelée entre sommet du bassin et exutoire : 909 m
- Indice de pente : 137 m/km
- Temps de concentration (Kirpich) : 0.58 h (voir calcul dans la section 6.2)

Les pentes ont été calculées par pondération et la surface a été ajustée par analyse du MNT grâce aux logiciels de SIG.

Remarques : Les valeurs de plus long chemin hydraulique ne sont pas cohérentes entre les deux estimations. La vérification avec les outils SIG montre que l'estimation de 2010 était sous-estimée de moitié. Cette différence entraîne une valeur de temps de concentration différente. L'ancienne estimation annonçait un temps de concentration de 0.15h soit 9 min pour que l'onde parcours 3000m, soit une vitesse de crue de 5.5 m/s. Une vitesse de crue aussi importante n'est pas du tout réaliste vis-à-vis de la morphologie du bassin-versant. La nouvelle estimation donne une vitesse de crue plus cohérente de 3 m/s.

Le bassin versant de la Papeivi est présenté dans la Figure 22.



FIGURE 22 : CARTE DU BASSIN VERSANT AVAL DE LA PAPEIVI

6.2 Estimation des temps de concentration

Le temps de concentration du bassin versant a été calculé à partir de la méthode de Kirpich ainsi que des caractéristiques mises à jour :

$$t_c = 0.0195 \times \left(\frac{L}{\sqrt{p}} \right)^{0.77}$$

avec t_c : temps de concentration en min

L : longueur du bassin versant en m

p : pente moyenne en m/m

LE TEMPS DE CONCENTRATION AINSI CALCULE EST SYNTHETISE DANS LE TABLEAU CI-APRES :TABLEAU 2 : CARACTERISTIQUES DU BASSIN VERSANT ET TEMPS DE CONCENTRATION

BV	Surface (ha)	Longueur (m)	Pente (%)	Tc (min)
Papeivi	288	6330	13.7%	35

6.3 Analyse Pluviométrique

6.3.1 Courbes IDF

Il existe plusieurs sources pour les hauteurs issues de courbe IDF.

- La plus ancienne est utilisée pour certaines anciennes estimations de débit. Ces hauteurs ont été estimées en 2000 dans le cadre de l'étude « Caractérisation et modélisation de l'aléa hydrologique à Tahiti » par G.WOTLING de l'ORSTOM. Elles ont été estimées par une analyse statistique des enregistrements les plus fiables pour des durées de pluies de 5 min, 15 min, 30 min, 60 mn, 2 heures et 24 heures. Ces analyses statistiques ont été réalisées sur 8 années d'observations et ne comportent pas les plus fortes dépressions enregistrées sur le site d'étude (les années 1982, 1983 et 1998). En raison de ce faible nombre d'années d'observations ces résultats sont probablement sous évalués.

TABLEAU 3 : HAUTEURS D'EAU PRECIPITEES D'APRES G. WOTLING

Période de retour	Durée (min)		
	15 minutes	30 minutes	60 minutes
2 ans	29.4 mm	45.9 mm	67.1 mm
10 ans	37.9 mm	59.3 mm	87.0 mm
100 ans	48.4 mm	75.9 mm	111.9 mm

- La seconde source pour les courbes IDF est donnée par Météo-France sur la station de mesure de l'aéroport Faa'a. Ces cumuls ont été réalisés sur la période d'observation de 1958 à 2008.

TABLEAU 4 : HAUTEURS D'EAU PRECIPITEES A LA STATION DE FAA'A SUR LA PERIODE 1958-2008, EN MM

Courbes IDF en cumul						
Durée	Période de retour					
	2 ans	5 ans	10 ans	30 ans	100 ans	
15 min	24.5	30.7	34.9	41.2	47.9	
30 min	34.7	43.1	48.7	57.2	66.2	
1h	45.7	59.0	67.8	81.1	95.3	
2h	60.2	79.4	92.2	111.6	132.2	
6h	88.2	114.6	132.0	157.8	186.0	
12h	117.6	151.2	174.0	206.4	242.4	
24h	148.8	196.8	230.4	278.4	328.8	

- La troisième source pour les courbes IDF est la plus récente (achetée à Météo France en Janvier 2024). Ces courbes IDF sont basées sur la station de mesure de l'aéroport Faa'a, sur la période d'observation de 2008 à 2020.

TABLEAU 5 : HAUTEURS D'EAU PRECIPITEES A LA STATION DE FAA'A SUR LA PERIODE 2008-2020 EN MM

Courbes IDF en cumul						
Durée	Période de retour					
	5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	50 ans	
15 min	23.6	25.5	27.4	28.3	29.6	
30 min	36.9	39.9	42.9	44.5	46.5	
1h	59.7	67.7	76.2	81.2	87.7	
2h	77.2	88.1	99.4	106.2	114.8	
6h	116.2	133.6	151.6	162.2	175.9	
12h	150.4	173.7	197.8	212.0	230.1	
24h	194.6	225.9	258.2	277.0	301.1	

Les dernières données de Météo France ne permettent pas d'estimer les cumuls pour la période de retour 100 ans.

La station météo de Faa'a a été utilisée dans cette étude car elle est la station principale de l'île et permet d'avoir les coefficients de Montana estimés par Météo France.

6.3.2 Comparaison des courbes IDF entre la période 1958-2008 et 2008-2020

Les cumuls sont proches entre les deux jeux de données. Les nouvelles données ont une légère tendance à avoir des cumuls plus faibles.

La comparaison pour la période de retour 100 ans n'est pas possible car les coefficients de Montana sur la période 2008-2020 pour la crue centennale ne sont pas fournis par Météo France.

Les débits seront calculés pour les deux jeux de données.

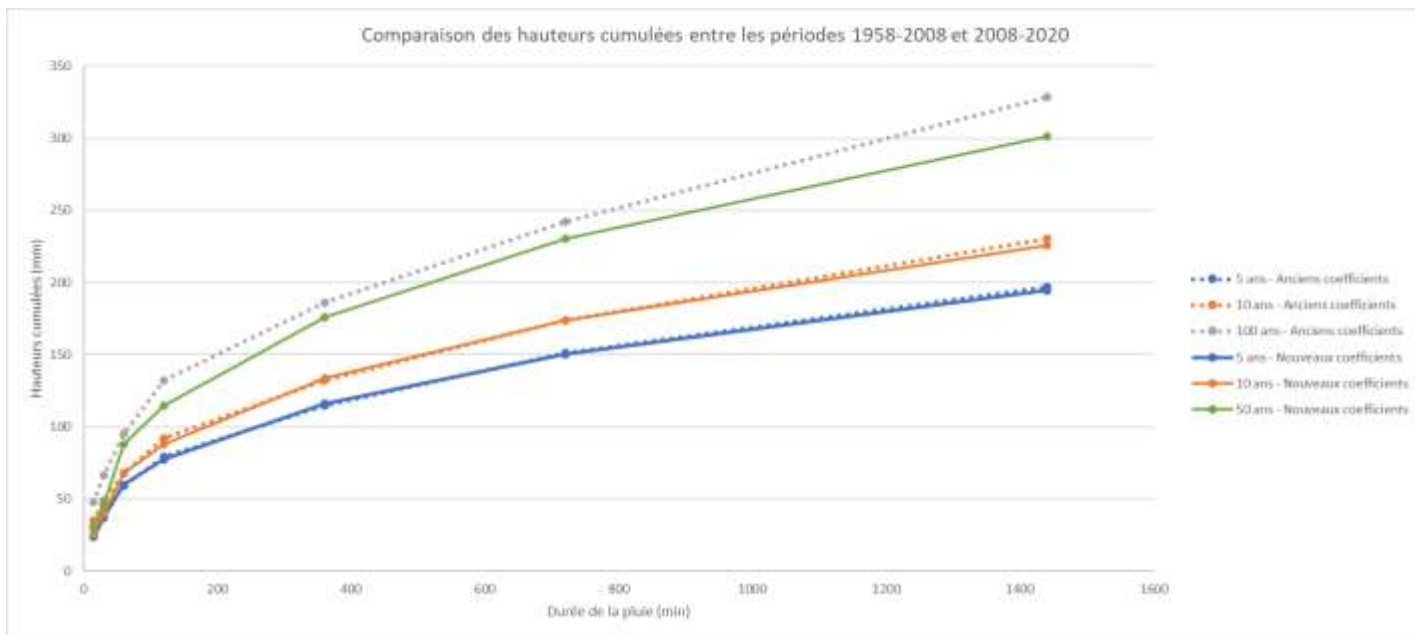


FIGURE 23 : COMPARAISON DES COURBES IDF ENTRE 1958-2008 ET 2008-2020

6.3.3 Evènement historique

Il est reconnu que l'évènement le plus fort jamais vu sur le bassin versant de la Papeivi est le cyclone Veena en avril 1983. Malheureusement aucun enregistrement de débit ou de pluviométrie n'a été fait sur le bassin versant. Nous savons que la RT avait été submergée (la RT a été réhaussée depuis) et qu'une hauteur de 50 cm avait été relevée sur les habitations en rive gauche.

6.4 Evaluation des débits

Différentes méthodes d'évaluation des débits ont été réalisées dans les études précédentes. Une actualisation de ces estimations est proposée dans ce rapport. Cette actualisation permet d'étudier les dernières données pluviométriques et d'adapter les calculs au découpage en sous-bassins versants.

Les débits calculés sur les sous-bassins versants sont sommés afin de les comparer aux débits du bassin versant entier estimés précédemment.

6.4.1 Etude BCEOM de 1999

Dans le cadre de l'étude "Etude des priorités d'aménagements des cours d'eau de Tahiti", en absence de données hydrologiques disponibles, BCEOM a proposé, afin d'obtenir un ordre de grandeur du débit de pointe décennal, une formulation du type :

$$Q_{10} = K \times S^{0.85} \times \left(\frac{P_0}{100} \right)^2$$

Avec :

- K est un coefficient régional (K=4 pour la Papeivi)
- S est la superficie drainée en km²
- P₀ est la moyenne sur le bassin versant de la hauteur de précipitations de période de retour 1 an en dixième de mm sur 15mn, soit 28mm,

Cette formulation s'applique à des bassins versants de plus de 1km². Elle est déconseillée dans le cas où des phénomènes hypodermiques sont connus ou pressentis et est à relativiser en cas de phénomènes d'écoulement superficiel particuliers tels des débits solides ou des écrêtements non négligeables.

Le débit de pointe centennal est calculé par application de la méthode du Gradex avec les caractéristiques suivantes :

- Point pivot à la période de retour 10 ans
- Gradex des pluies sur 15 minutes pour les bassins versants de superficie inférieures à 20 km² et sur 30 minutes pour les autres, **soit un Gradex de 40 mm** pour la Papeivi.
- un coefficient de passage du débit moyen au débit instantané de 1.5

Les débits obtenus sont les suivants :

- $Q_{10} = 77 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{100} = 120 \text{ m}^3/\text{s}$

6.4.2 Etude LTPP de 2003 (J. Danloux)

L'étude du LTPP de 2003 a portée sur l'évaluation des maximums de crues sur l'île de Tahiti suivant une approche régionale à partir des données acquises sur les réseaux hydrologiques pendant la période 1969-2003 (J.Danloux).

Cette étude comporte :

- Le recensement, la critique et l'analyse des données hydrométriques en possession du GEGDP.
- L'évaluation sur les stations hydrométriques des rapports entre débit maximal connu et les débits caractéristiques de crue.
- L'évaluation des coefficients de Craeger correspondants pour la transposition de ces résultats aux autres rivières non suivies.

Ce travail couvre la côte Est et la presqu'île de Tahiti et complète ainsi l'étude de 2001 de Wotling.

La formule de Craeger s'exprime de la manière suivante :

$$Q = 1.3 \times C \times \left(\frac{A}{2.59} \right)^n$$

Avec : $n = 0.936 \times S^{-0.048}$

- A : superficie du bassin versant en km².
- C : coefficient de Craeger

Les débits obtenus sont les suivants :

- $Q_{10} = 60 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{100} = 111 \text{ m}^3/\text{s}$

6.4.3 Approche de P. STOLLSTEINER

P. STOLLSTEINER, dans le cadre d'une mission d'assistance technique pour l'évaluation et la cartographie de l'aléa inondation en Polynésie française propose l'utilisation de la méthode Rationnelle pour la définition des débits de pointe décennaux et de la méthode du gradex pour l'évaluation des débits de pointe centennaux.

Cette méthode est préconisée pour des bassins versants pour lesquels on ne dispose pas de données observées.

Le coefficient de ruissellement décennal est régionalisé sur la base des ajustements débimétriques disponibles. L'intensité retenue est celle survenant sur une durée égale au temps de concentration du bassin versant étudié.

A défaut d'ajustements débimétriques, P. STOLLSTEINER recommande « de choisir le coefficient de ruissellement décennal parmi ceux de l'île la plus proche et la plus semblable en considérant le contexte géologique, l'altitude maximale du bassin versant et son orientation ». Pour la Papeivi, le coefficient de ruissellement décennal retenu est de 0.55. Ce coefficient se rapporte à la pluie journalière mesurée et non à la pluviométrie journalière réellement reçue par le bassin versant.

A défaut d'ajustements pluviométriques sur des courtes durées, P. STOLLSTEINER propose « d'estimer les valeurs fréquentielles des pluies de durée égale au temps de concentration à partir d'informations disponibles sur les pluies journalières » (rapport des pluies sur sites de durée Tc et journalière égal à ce même rapport à la station pluviographique la plus proche ou jugée comparable).

Les débits obtenus sont les suivants :

- $Q_{10} = 59 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{100} = 94 \text{ m}^3/\text{s}$

6.4.4 Estimation de Egis de 2024

Les nouvelles estimations de débit de pointe sont une mise à jour de l'approche de P. Stollsteiner.

Cette méthode a été mise en place en se basant sur les IDF de 1958-2008 et de 2008-2020 afin de déterminer l'influence des différences entre les deux jeux de données sur le calcul des débits.

6.4.4.1 Méthode rationnelle

Le débit décennal est obtenu par application de la méthode rationnelle :

$$Q = \frac{C \cdot I(t, T) \cdot S}{3.6}$$

où : C : coefficient de ruissellement du bassin versant

I(t,T): intensité en mm/h de la pluie de durée égale au temps caractéristique du bassin versant pour la période de retour étudiée

S : surface en km²

Il a été choisi de calculer l'intensité sur une durée caractéristique des bassins versants en accord avec le temps de concentration.

TABLEAU 6 : CARACTERISTIQUES, TC ET DUREES CARACTERISTQUES DU BV

BV	Surface (ha)	Longueur (m)	Pente (%)	Cr	Tc (min)	Durée caractéristique (min)
Papeivi	288	6 330	13.7%	0.65	35	30

Le coefficient de ruissellement décennal des bassins versants est issu de l'analyse de l'occupation du sol par photo aérienne et des investigations de terrain.

Remarques : Le coefficient de ruissellement considéré est de 0.65 contre 0.60 dans l'étude de 2010. La valeur a été légèrement revue à la hausse pour être cohérent avec les bassins versants de la Vaihiria et de la Vairaharaha où 0.65 correspond à la partie amont très peu urbanisée du bassin versant. Le bassin versant de la Papeivi est petit et peu urbanisé mais 0.60 sous-estime tout de même la partie aval composée de maison et d'infrastructures routières.

6.4.4.2 Evaluation du débit de pointe centennal par la méthode du Gradex

Cette méthode repose sur l'hypothèse qu'au-delà d'un seuil de pluviométrie (point pivot), tout supplément de pluie provoquera un supplément égal de ruissellement.

Il en résulte que la fonction de répartition des débits extrêmes a pour direction asymptotique la droite de répartition des pluies extrêmes, à condition de prendre un intervalle de temps t , commun pour le volume de pluie et le volume d'écoulement, qui soit de l'ordre de grandeur du temps de base moyen des hydrogrammes de ruissellement direct du bassin versant.

Le principe de la méthode du Gradex consiste alors à réaliser l'extrapolation depuis un débit de période de retour donné (point pivot : Q_{10} , déterminé précédemment) vers le débit centennal, à partir de la formule suivante :

$$Q_c = Q_p + (u_c - u_p) \cdot g_{Q_{max}}^t$$

Où :

- Q_p est le débit pour la période de retour pivot, le point pivot, ici Q_{10}
- Q_c est le débit pour la période de retour cible, ici Q_{100}
- u_c est la variable réduite de GUMBEL pour la période de retour cible (pour 100 ans, $u_{100} = 4.60$)
- u_p est la variable réduite de GUMBEL pour le point pivot (pour 10 ans, $u_{10} = 2.25$)
- $g_{Q_{max}}^t$ est le gradex des débits de pointe maximaux sur la durée de pluie t .

Le gradex des débits de pointe sur la durée de pluie t est égal à :

$$g_{Q_{max}}^t = \frac{S_{BV}}{3,6 \cdot t} \cdot g_{P_{max}}^t \cdot R_m$$

Où :

t est le temps de base (en h). Le choix de t dépendra de la méthode de calcul effectuée

S_{BV} est la surface du BV (km^2),

R_m est le rapport entre le débit de pointe et le débit moyen sur le temps de base. Pour le bassin versant de la Vaihiria, ce coefficient est pris égal à 1.5.

$g_{P_{max}}^t$ est le gradex des pluies maximales sur t (mm),

Le gradex des pluies est calculé de la façon suivante :

$$g_{P_{max}}^t = \frac{(H_{T1} - H_{T2})}{(u_{T1} - u_{T2})}$$

H_{T1} est la hauteur cumulé sur la durée t pour la période de retour $T1$

H_{T2} est la hauteur cumulé sur la durée t pour la période de retour $T2$

u_{T1} et u_{T2} sont les variable réduites de GUMBEL pour les périodes de retour $T1$ et $T2$.

En théorie, le gradex des pluies est constant entre toutes les périodes de retour sur la même durée et les mêmes courbes IDF.

6.4.4.3 Estimation n°1

Cette première estimation est réalisée à partir des courbes IDF de la station de Faa'a sur la période 2008-2020.

■ Méthode rationnelle pour Q10 :

TABLEAU 7 : DEBITS POUR LA PERIODE DE RETOUR 10 ANS - ESTIMATION 1

BV	Cr	Durée caractéristique (min)	I 10 (mm/h)	Q10 (m3/s)	Qspé 10 (m3/s/km2)
Papeivi	0.65	30	79.9	41.6	14.4

■ Gradex pour Q100 et Q50

Le gradex est calculé pour la durée caractéristique du bassin versant et entre les périodes de retour 10 ans et 50 ans.

TABLEAU 8 : DEBITS POUR LA PERIODE DE RETOUR 100 ANS – ESTIMATION 1

BV	g_{Pmax}^t	Rm	g_{Qmax}^t	Q50 (m3/s)	Q100 (m3/s)	Qspé 100 (m3/s/km2)
Papeivi	4	1.5	9.5	57.4	64	22.2

6.4.4.4 Estimation n°2

Cette estimation est réalisée à partir des courbes IDF de la station de Faa'a sur la période 1958-2008.

■ Méthode rationnelle pour Q10 :

TABLEAU 9 : DEBITS POUR LA PERIODE DE RETOUR 10 ANS - ESTIMATION 2

BV	Cr	Durée caractéristique (min)	I 10 (mm/h)	Q10 (m3/s)	Qspé 10 (m3/s/km2)
Papeivi	0.65	30	97.4	50.7	17.6

■ Gradex pour Q100 et Q50

Le gradex est calculé pour la durée caractéristique du sous-bassin versant et entre les périodes de retour 10 ans et 50 ans.

TABLEAU 10 : DEBITS POUR LA PERIODE DE RETOUR 100 ANS – ESTIMATION 2

BV	g_{Pmax}^t	Rm	g_{Qmax}^t	Q50 (m3/s)	Q100 (m3/s)	Qspé 100 (m3/s/km2)
Papeivi	7.4	1.5	17.9	80.2	92.7	32.2

6.4.5 Conclusion sur les débits

Les débits obtenus sur le bassin versant de la Papeivi sont présentés dans le tableau suivant :

TABEAU 11 : DEBITS CALCULES SUR LE BASSIN VERSANT DE LA VAIHIRIA SELON LES DIFFERENTES METHODES

Etudes	Méthode de calcul	Q10 en m3/s	Q50 en m3/s	Q100 en m3/s
Etude BCEOM de 1999	Formule empirique et gradex	77		120
Etude LTPP de 2003 J.Danloux	Analyse statistique	60		111
P STOLLSTEINER	Méthode rationnelle et gradex	59		94
Egis 2023 Estimation 1	Rationnelle + gradex(10/50,Durée caractéristique) avec IDF 2008/2020	42	57	64
Egis 2023 Estimation 2	Rationnelle + gradex(10/100,Durée caractéristique) avec IDF 1958/2008	51	80	93

Les débits obtenus par la mise à jour de la méthode P.STOLLSTEINER sont légèrement inférieurs aux estimations précédentes mais ils ont été calculés avec des analyses SIG plus précises et une mise à jour des courbes IDF et du coefficient de ruissellement. Cependant, les estimations avec les courbes IDF de 2008-2020 étant plus faibles, les estimations retenues seront celles avec les courbes IDF de 1958-2008.

L'avantage de cette méthode est qu'elle permet un découpage en sous bassin versant, elle peut être mise à jour grâce aux courbes IDF et elle permet de calculer le débit de pointe pour différentes périodes de retour.

Les débits de projet retenus sont ceux calculés par Egis avec les courbes IDF sur la période de 1958-2008 (Estimation 2).

6.4.6 Construction des hydrogrammes

Aucun hydrogramme de crue n'a pu être enregistré sur le cours d'eau de la Papeivi. Par conséquent, les hydrogrammes des crues décennale et centennale sont déduits par homothétie de l'hydrogramme enregistré sur la Papenoo lors de la crue d'avril 1983. Bien que la Papeivi ait un bassin versant de superficie inférieure à la Papenoo, cette dernière est la rivière référente pour la crue de 1983.

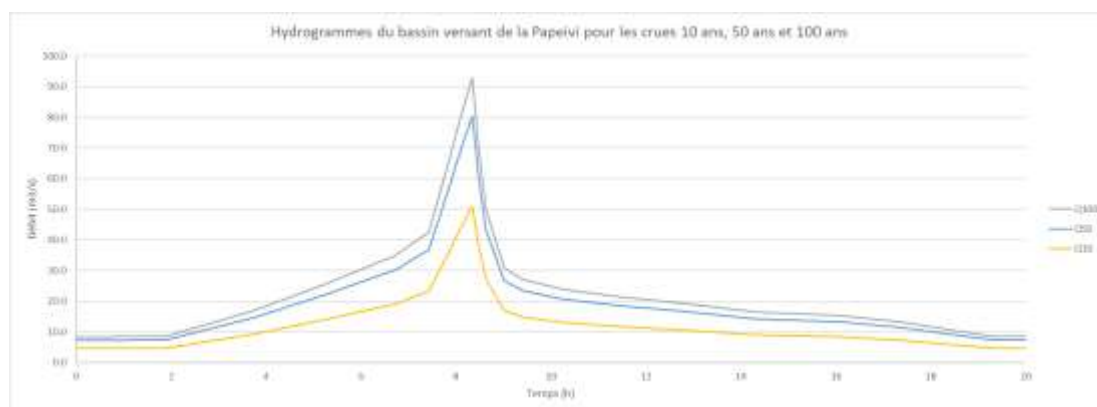


FIGURE 24 : HYDROGRAMMES DE PROJET SUR LA PAPEIVI

7 MODELISATION HYDRAULIQUE

7.1 Construction du modèle

7.1.1 Présentation succincte du logiciel HEC-RAS

HEC-RAS est issu d'un développement réalisé par le Département Hydrologie du Corps des Ingénieurs de l'Armée des Etats Unis.

Il permet d'effectuer plusieurs types de modélisations en régime permanent et en régime transitoire :

- Modélisation 1D ;
- Modélisation 2D de lit mineur ;
- Modélisation 2D de lit mineur et du lit majeur ;
- Modélisation couplée 1D du lit mineur et 2D pour le lit majeur ;
- Modélisation couplée 1D/2D et casier.

HEC-RAS est plus particulièrement dédié à l'étude de la propagation des crues le long d'une rivière.

La schématisation du site d'étude est décrite dans une base de données, au moyen d'une série de profils en travers et d'ouvrages tels que ponts, seuils, écluses, dalots...

Il permet notamment d'établir des cartes d'inondabilité fiables, d'optimiser des aménagements ou protections et d'analyser le fonctionnement des systèmes hydrauliques complexes.

La prise en compte du relief peut être réalisée au moyen d'un modèle numérique de terrain basé sur des levés topographiques d'origine variée. Il est ainsi possible d'automatiser la constitution du modèle hydraulique de calcul et la réalisation des cartes d'inondabilité en prenant en compte à la fois les hauteurs en chaque point et les vitesses d'écoulement.

La diversité des fonctions de présentation des calculs offre toute une palette de moyens de valorisation des modélisations réalisées au cours d'études, facilitant par ce biais la compréhension des résultats.

La Figure 25 donne un aperçu d'un modèle HEC-RAS 1D/2D.

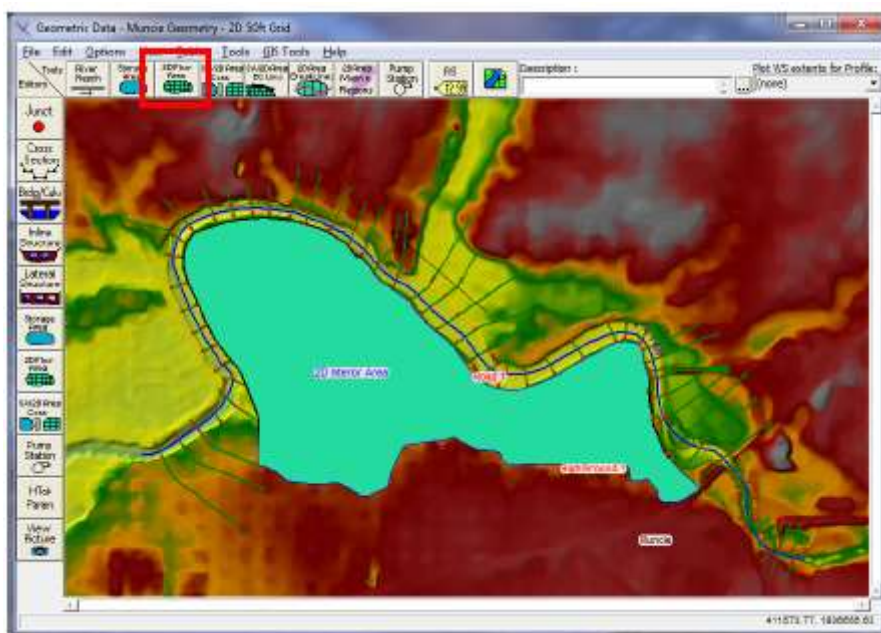


FIGURE 25 : EXEMPLE DE MODELISATION HEC-RAS 1D/2D

7.1.2 Topographie

Un MNT a été reconstitué en agglomérant le MNT de l'île en précision 5m x 5m et le MNT de la zone d'étude en précision 0.5 m par 0.5 m. En complément, des levés terrestres de profils en travers ont été réalisés par un géomètre-expert. Ces levés terrestres ont été intégrés au MNT afin de représenter au mieux le fond du cours d'eau.

Les profils levés par le géomètre sont envoyés au format DWG et PDF. La Figure 26 donne l'implantation des profils en travers sur le MNT du modèle de la Papeivi et la Figure 27 montre un extrait de profil en travers.

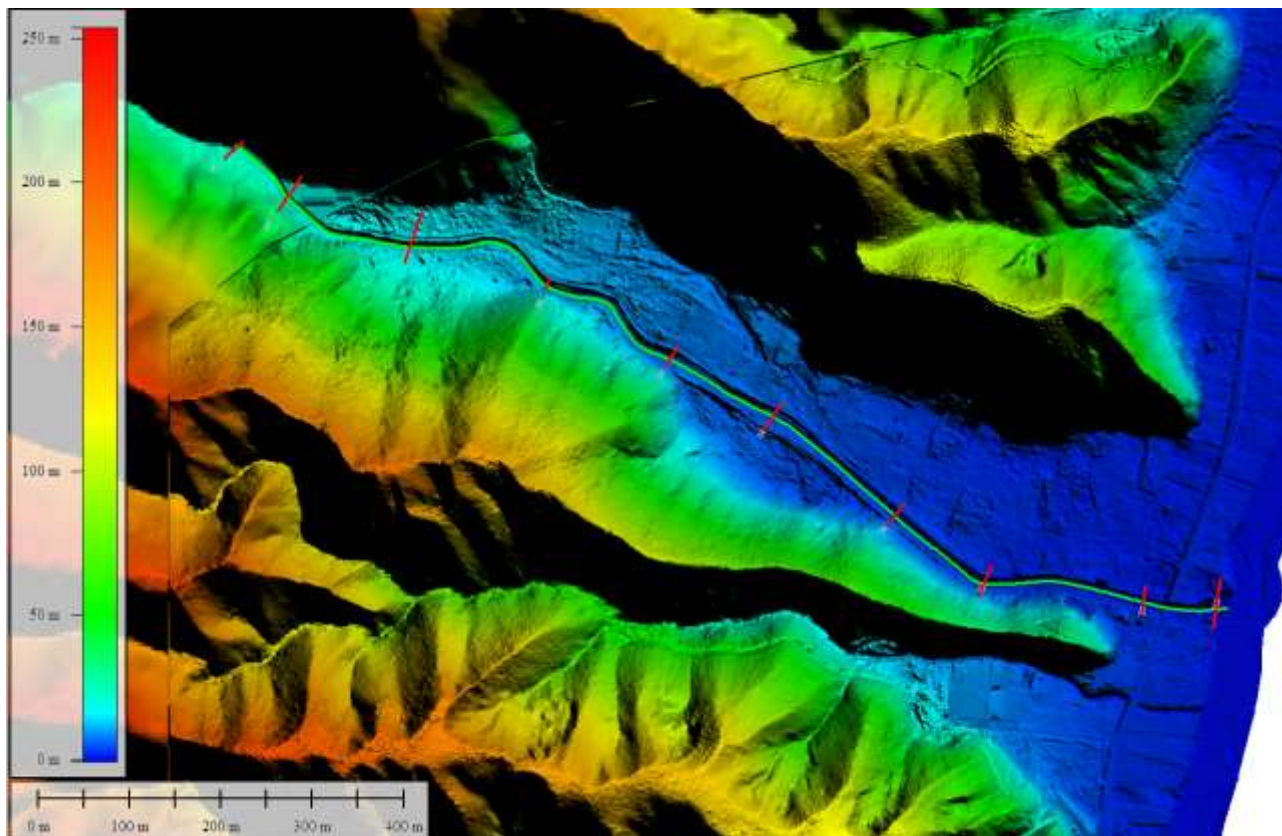


FIGURE 26 : EXTRAIT DU MNT CREE POUR LA MODELISATION

ILE DE TAHITI
Commune de TAIARAPU-EST / FAAONE
Rivière PAPEIVI
Profil en Travers. 1

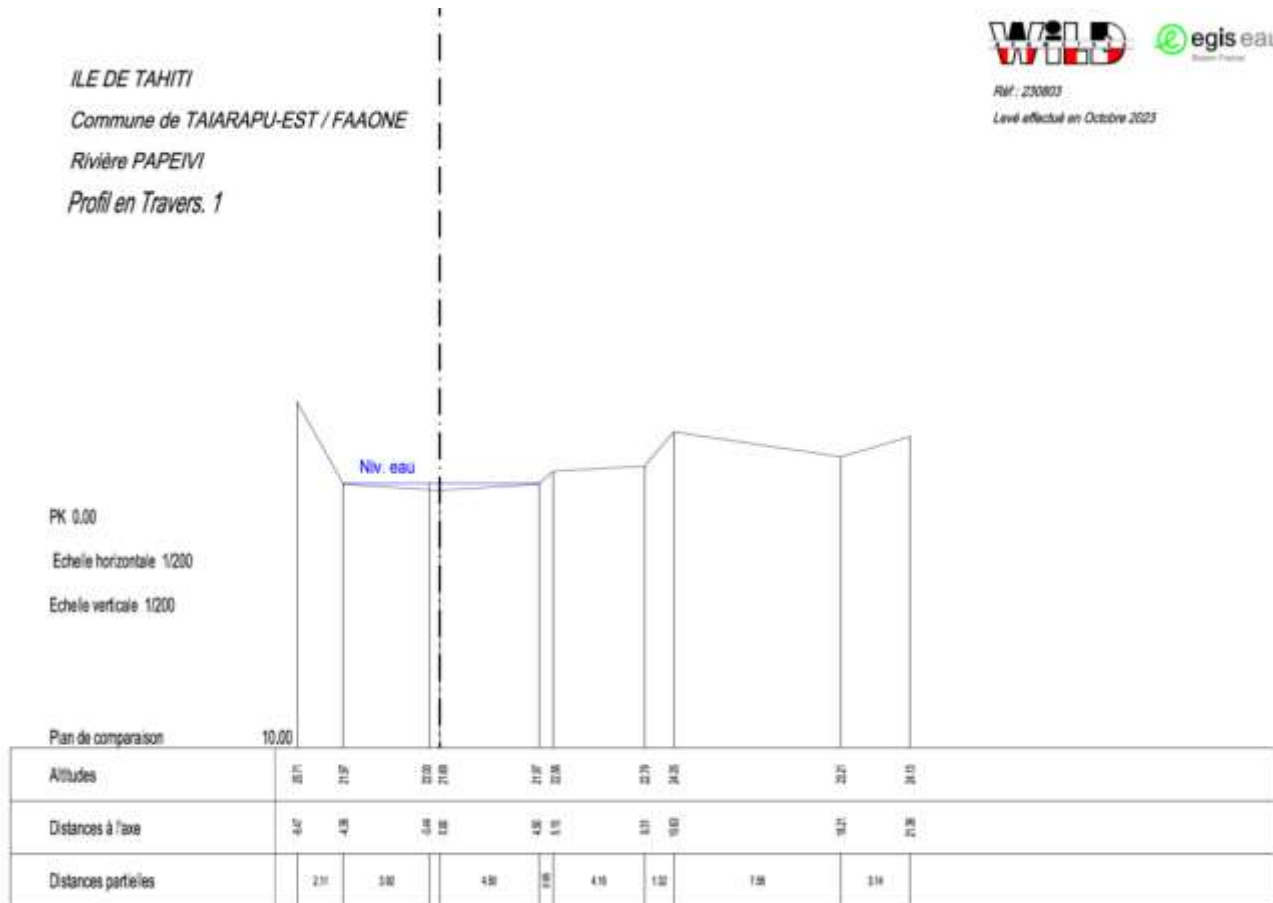


FIGURE 27 : PROFIL EN TRAVERS

7.1.3 Emprise du modèle

L'emprise des modèles est présentée dans la Figure 29.

7.1.4 Hydrogrammes

Les hydrogrammes calculés lors de l'analyse hydrologique sont injectés dans le modèle selon les points d'injection indiqués dans la Figure 29.

7.1.5 Rugosité

L'évaluation de la rugosité est indispensable afin de réaliser le modèle.

Les valeurs de rugosité ont été évaluées grâce à :

- Analyse topographique ;
- Etude des orthophotos ;
- Visite de terrain ;

La rugosité est un des paramètres les plus influents sur le calage du modèle.

Une carte des coefficients de Manning a été réalisée et injectée dans le modèle. Les valeurs contenues dans cette carte des coefficients de Manning sont associées automatiquement aux profils en travers et aux mailles.

TABLEAU 12 : COEFFICIENTS DE MANNING SELON LE TYPE DE SURFACE

Type de surface	Coefficient de Manning
Bâti	0.2
Forêt	0.1
Champs	0.05
Route	0.025
Lit mineur	0.04

7.1.6 Description du maillage

Le maillage est composé de deux zones : la zone d'expansion de crue en rive droite et la zone d'expansion de crue en rive gauche.

La taille caractéristique des mailles retenues est de 5 m

7.1.7 Condition aval

Les conditions aval dépendent de la crue modélisée et des hypothèses sur le niveau de la mer.

- Pour les crues 10 ans et 50 ans : cote de niveau normale : de 0 m NGPF
- Pour la crue 100 ans :
 - Surcote du niveau de la mer : 1 m NGPF
 - Surcote du niveau de la mer à +1 m et surélévation liée au changement climatique de +0,73 : 1,73 m NGPF

7.1.8 Modélisation des ouvrages hydrauliques

L'ouvrage principal modélisé est l'ouvrage de franchissement de la RT.

La coupe de l'ouvrage dans le modèle est présentée ci-dessous.

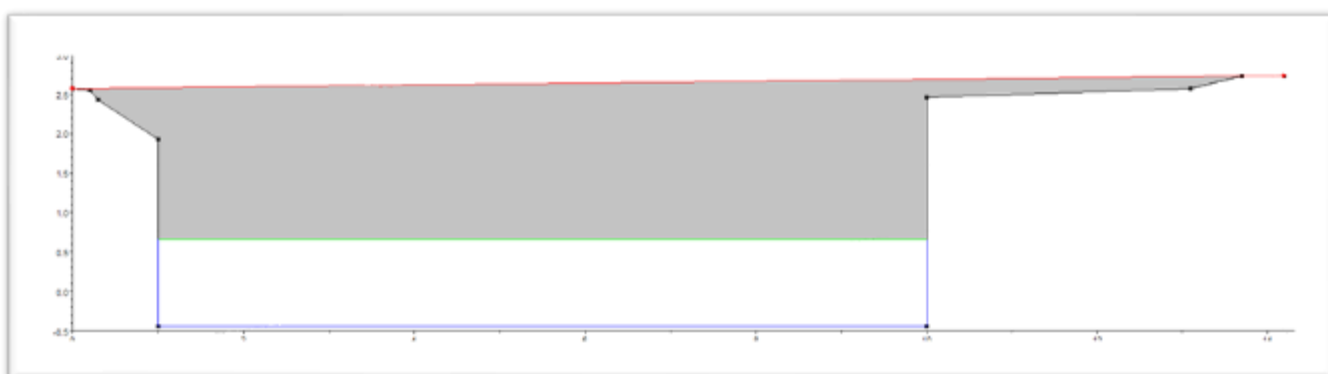


FIGURE 28 : SECTION AMONT DE L'OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT DE LA RT



FIGURE 29 : MODELE HEC-RAS

7.1.9 Modélisation des embâcles

Les embâcles sont une source d'aggravation des débordements lors des événements pluvieux extrêmes. Il est important d'en étudier l'impact pour les fortes crues. Pour modéliser l'impact de l'accumulation d'embâcles dans le cours d'eau, la crue centennale a été modélisée en obstruant 50% de la hauteur de l'ouvrage de la RT.

7.2 Résultats de la modélisation

Les résultats de vitesse et de hauteur sont envoyés sous forme de raster.

Les figures suivantes présentent les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement pour la crue 10 ans et cote de la mer à 0 m NGPF et pour la crue 100 ans et cote de la mer à 1.73 m NGPF. Les résultats pour tous les scénarios sont présentés en annexe.



FIGURE 30 : HAUTEURS D'EAU POUR LA CRUE DECENNALE – COTE DE LA MER A 0

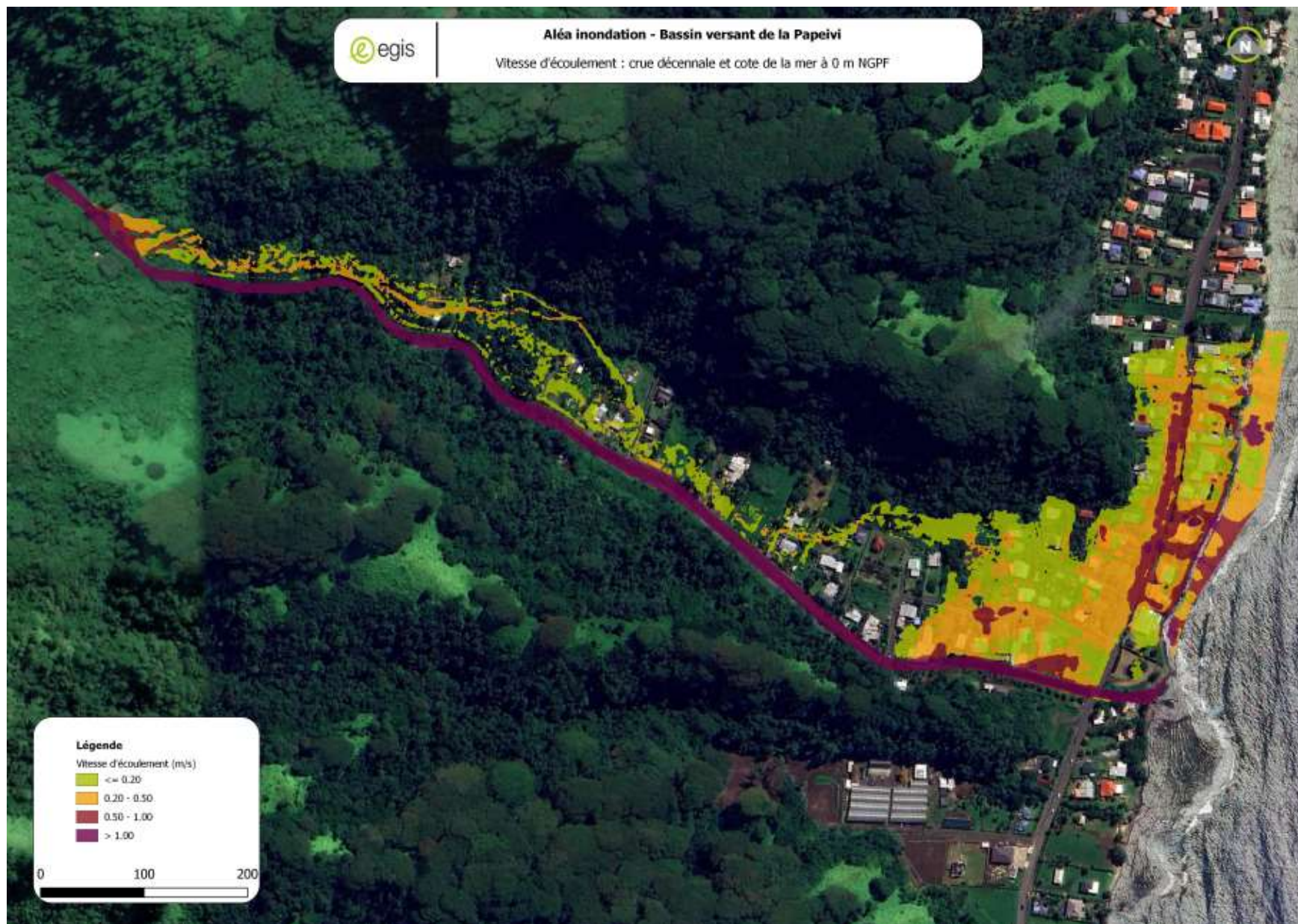


FIGURE 31 : VITESSES D'ÉCOULEMENT POUR LA CRUE DÉCENNALE – COTE DE LA MER À 0



FIGURE 32 : HAUTEURS D'EAU POUR LA CRUE CENTENNALE – COTE DE LA MER A 1.73 M

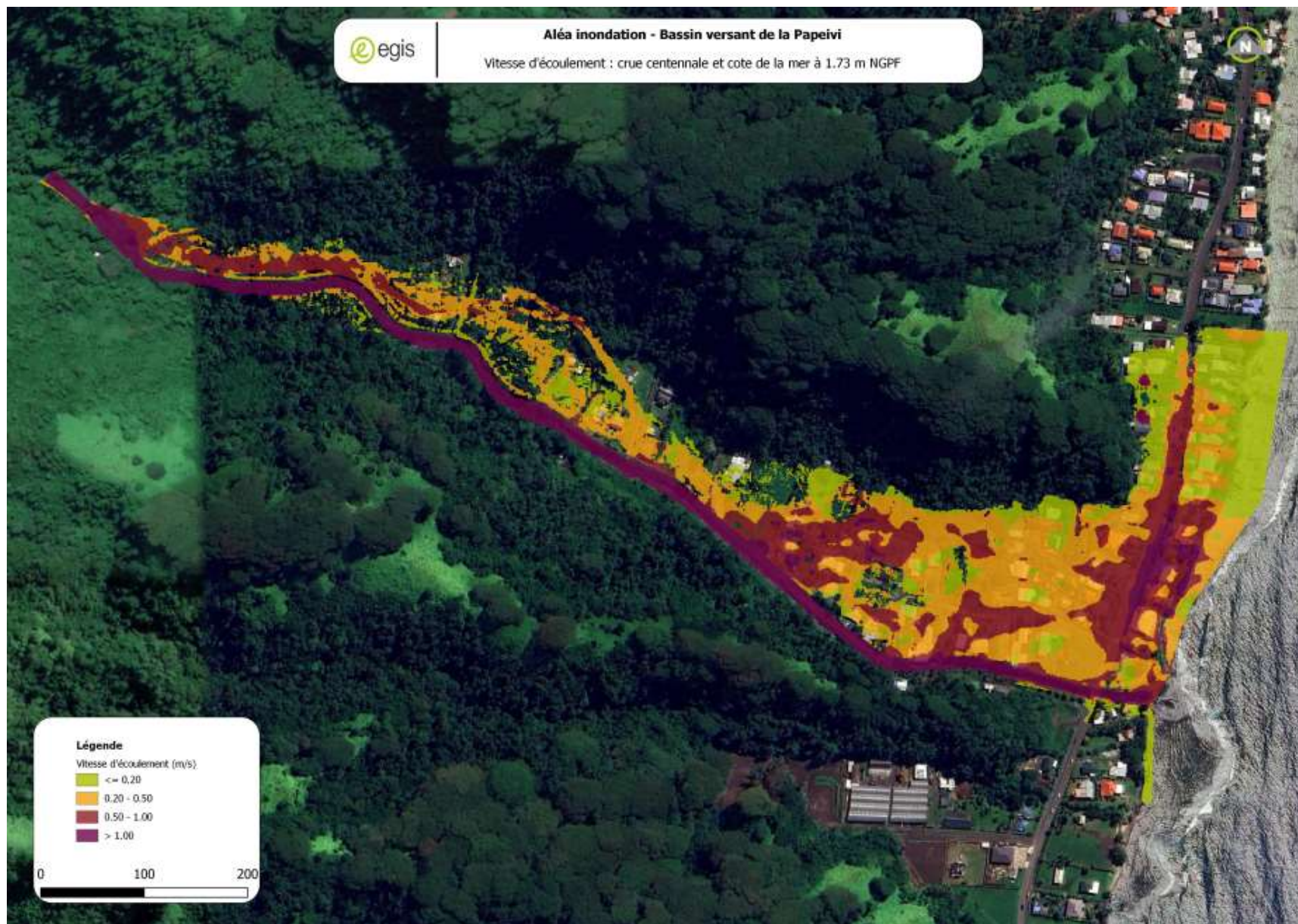


FIGURE 33 : VITESSES D'ÉCOULEMENT POUR LA CRUE CENTENNALE – COTE DE LA MER A 1.73 M

7.3 Présentation de la carte générale

La figure suivante permet de visualiser une représentation générale du bassin versant de la Papeivi.

Elle contient :

- La localisation de l'ouvrage de franchissement de la RT
- L'emprise du lit mineur
- L'enveloppe de la zone inondable de la crue décennale
- L'enveloppe de la zone inondable de la crue centennale

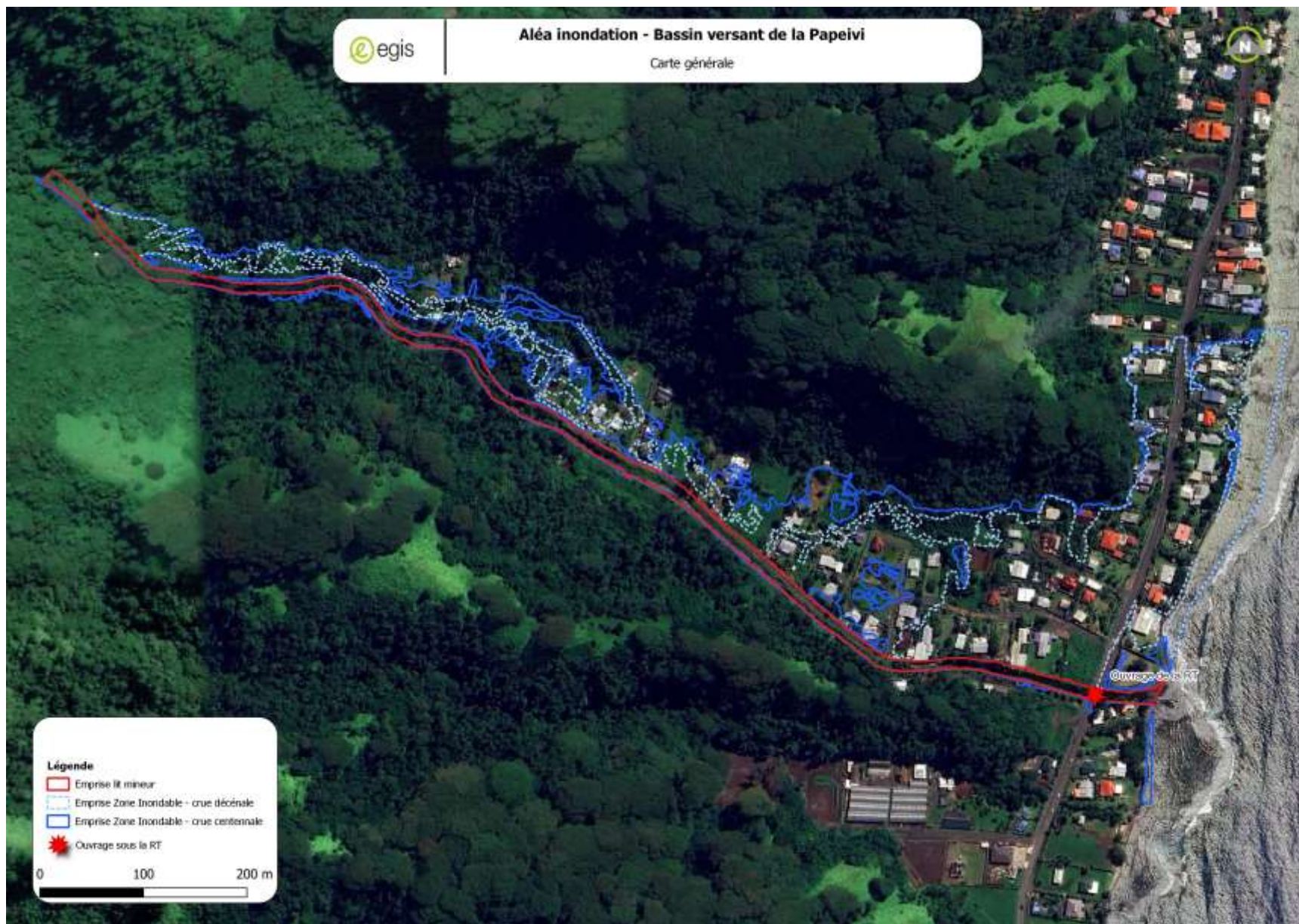


FIGURE 34 : CARTE GENERALE DU BASSIN VERSANT DE LA PAPEIVI

7.4 Analyse du fonctionnement des inondations

Dès la crue décennale, des débordements sont observés en rive gauche. Ces débordements créent un écoulement parallèle au lit mineur qui traverse les zones habitées avant de rejoindre le lit mineur plus en aval.

Plus en aval, des débordements en rive gauche sont remarqués entre la décennale et la cinquantennale en amont du méandre.

Après le méandre, les débordements sont généralisés dès la crue décennale. Ces débordements sont accentués par l'ouvrage de la RT qui est sous-dimensionné. Il est en charge dès la décennale et une surverse est observé sur la RT dès la cinquantennale.

7.5 Comparaison avec les résultats antérieurs

Pour la crue décennale, le modèle actualisé donne des débordements en rive gauche qui n'apparaissent pas dans les résultats antérieurs. Pour la crue centennale et décennale, les anciennes zones inondables sont plus étales et ne présentent pas de discontinuité par rapport au modèle actualisé. Cette différence provient du fait que le modèle STREAM de 2010 est un modèle à casier qui donne une zone inondable continue. La topographie utilisée dans le modèle actualisé est bien plus précise que la topographie utilisée en 2010.



FIGURE 35 : HAUTEUR CALCULEE DANS L'ETUDE DE 2010 POUR LA CENTENNALE



FIGURE 36 : HAUTEUR D'EAU CALCULEE DANS L'ETUDE DE 2010 POUR LA DECENNALE



FIGURE 37 : ANALYSE DES ECOULEMENTS SUR LA CRUE CENTENNALE ET COTE DE LA MER A 1.73 M NGPF

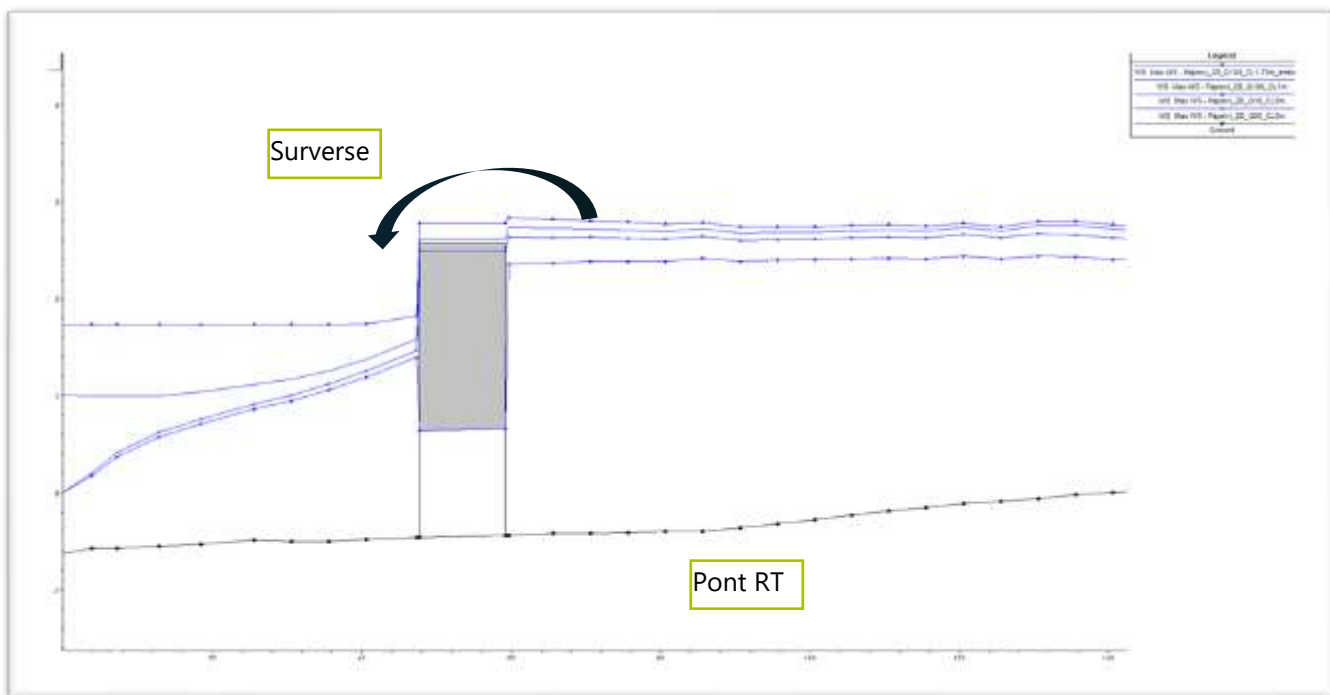


FIGURE 38 : LIGNE D'EAU POUR LES SCENARIOS : Q10, CL 0M ; Q50, CL 0M ; Q100, CL1M ; Q100, CL1.73M

Les embâcles n'accroissent que légèrement la surverse car l'ouvrage est très sous dimensionné même sans prendre en compte les blocages. La figure suivante compare les lignes d'eau pour Q100 avec une condition limite aval de 1.73m NGPF avec et sans embâcle.

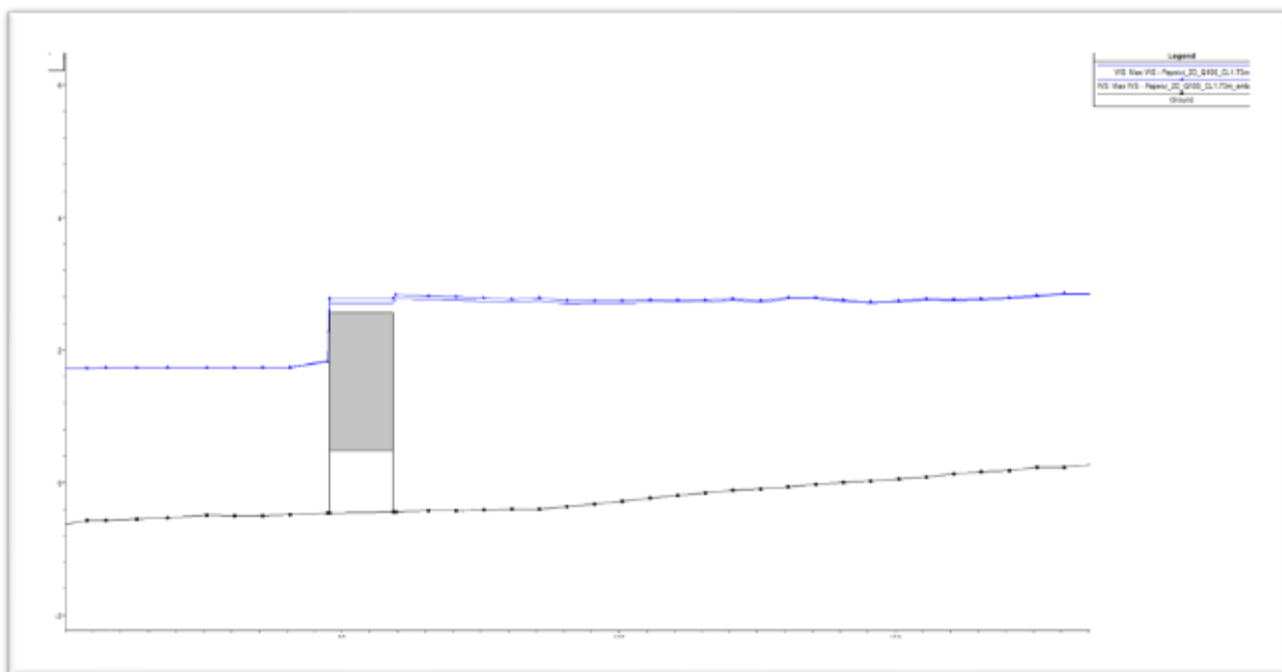
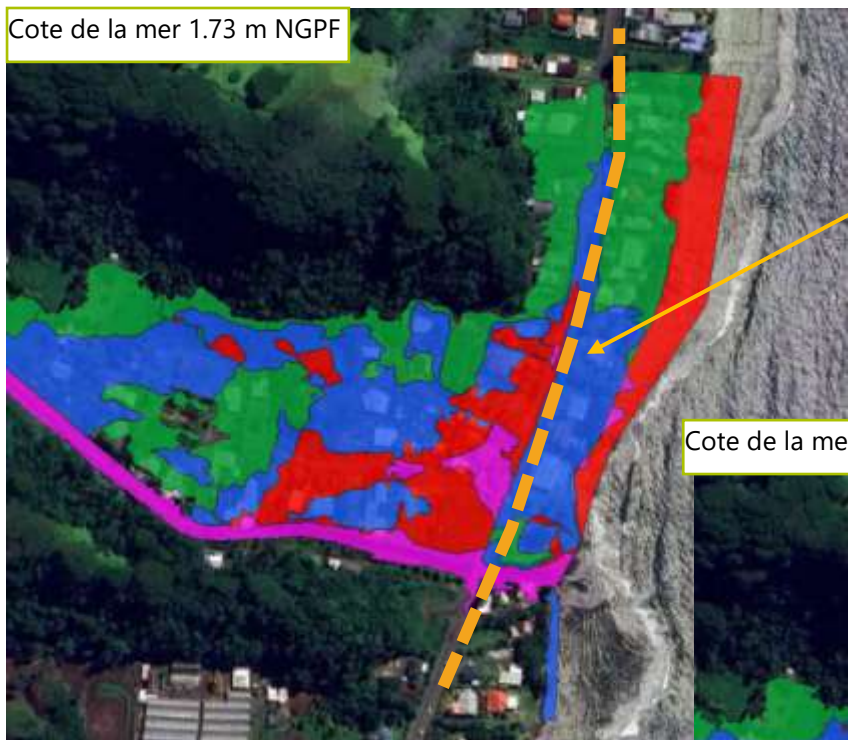


FIGURE 39 : LIGNES D'EAU Q100 ET CL1.73M AVEC ET SANS EMBACLE

L'influence du niveau de la mer sur les aléas n'est pas très marquée. De plus l'influence se limite à la partie en aval de la RT.

Cote de la mer 1.73 m NGPF



Limite d'influence du niveau de la mer

Cote de la mer 1 m NGPF

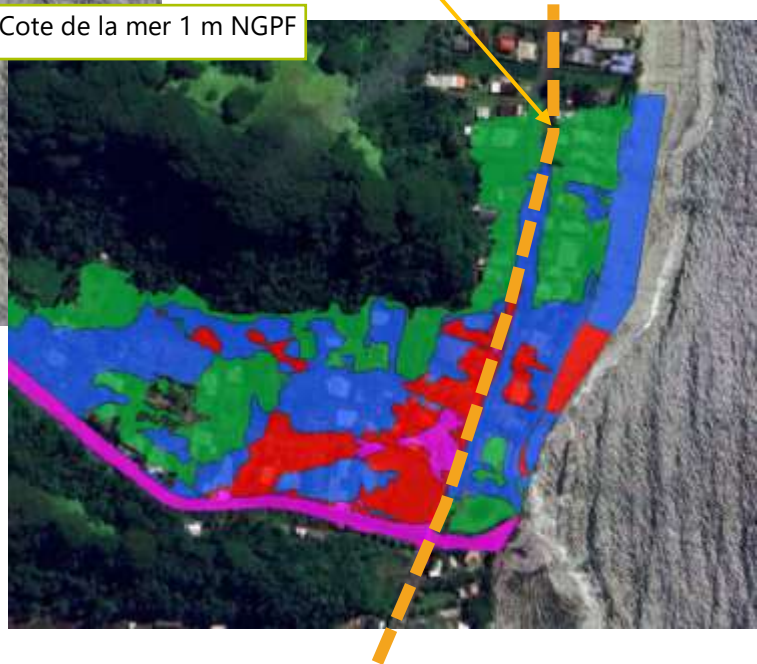


FIGURE 40 : ANALYSE DE L'INFLUENCE DU NIVEAU DE LA MER SUR L'ALEA POUR LA CRUE CENTENNALE

7.6 Cartographie des aléas

7.6.1 Grille d'aléa

La grille d'aléa utilisée pour le croisement hauteur vitesse a été fournie dans le CCTP par le maître d'ouvrage.

TABLEAU 13 : GRILLE DE QUALIFICATION DU NIVEAU D'ALEA

Vitesse \ Hauteur	Faible à moyenne Vitesse $\leq 0,5$ m/s	Moyenne à forte Vitesse $> 0,5$ m/s
H < 0,5 m	Faible	Moyen
$0,5 \leq H \leq 1$ m	Moyen	Fort
H > 1 m	Fort	Très fort

Les résultats bruts de l'aléa pour chaque modélisation sont donnés en annexe.

7.6.2 Traitement SIG de la cartographie des aléas

Les cartographies d'aléa pour chaque scénario simulé du bassin versant de la Papeivi sont données en annexe.

Le maître d'ouvrage souhaite caractériser l'aléa avec la simulation crue décennale avec prise en compte des embâcles et côte de la mer à 1.73 m NGPF.

Le croisement hauteur / vitesse brut nécessite une analyse et un traitement SIG spécifique afin de donner une carte d'aléa correspondant à la réalité.

La première étape vers la finalisation de la cartographie d'aléa passe par la mise en pratique des hypothèses suivantes :

- Un lissage des limites du raster aléa a été effectué
- Suppression des zones exondées de moins de 1000 m² dans la zone inondable.

La deuxième étape consiste à montrer la prise en compte des risques d'érosion du lit mineur. Les zones d'érosion ont été définies lors de l'étude hydrogéomorphologique.

La dernière étape consiste à traiter les zones exondées mais entourées d'eau. La cartographie des aléas ne doit pas avoir de zone vide sauf s'il y a possibilité de se réfugier dans une zone protégée. Dans le cas du cours d'eau étudié, il n'y a pas de zone de refuge pour les inondations existantes dans les zones exondées.

Les paragraphes suivants proposent un classement de ces zones selon les hypothèses suivantes :

- Si la mise hors d'eau est dû à un remblai d'origine anthropique, il sera considéré que ce remblai ne sera pas résistant à la crue centennale et la zone sera donc à classer.
- Si la zone mise hors d'eau doit être classée en aléa, elle sera classée selon l'aléa le plus fort majoritairement en contact avec cette zone.



FIGURE 41 : CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION DE LA CRUE CENTENNALE DE LA PAPEIVI AVANT LE TRAITEMENT DES ZONES EXONDEES

8 CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION RETENUE POUR LE FUTUR PPRI

La carte présentée dans la Figure 42 est la carte de l'aléa inondation proposée pour le futur PPRI après l'analyse hydrogéomorphologique, hydrologique et hydraulique du bassin versant de la Papeivi.

Pour rappel, cette carte d'aléa est basée sur le scénario de la crue centennale avec une cote maritime de 1.73 m NGPF avec prise en compte des embâcles.



FIGURE 42 : CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION DE LA CRUE CENTENNALE DE LA PAPEVII APRES TRAITEMENT DES ZONES EXONDEES

9 PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS

Il est important de préciser que les aménagements proposés constituent des orientations non modélisées. Leur mise en œuvre ne permettra pas de supprimer complètement le risque mais pourra au mieux l'atténuer.

La Papeivi étant contrainte par l'urbanisation limitrophe et le manque d'espace disponible pour proposer des zones d'expansion de crues, les options d'aménagement choisies sont les suivantes :

- Redimensionnement de l'ouvrage de la RT,
- Recalibrage du cours d'eau.

La configuration hydraulique du cours d'eau de la Papeivi ainsi que les débits en jeu ne permettent pas de créer des aménagements qui permettraient de supprimer totalement les aléas pour les fortes crues. Les aménagements proposés par la suite sont des aménagements qui permettront de diminuer l'aléa sans pour autant le supprimer. Des études plus détaillées permettraient de proposer des aménagements plus aboutis et ainsi estimer précisément leur capacité à diminuer l'aléa inondation.

La Figure 43 permet de localiser les aménagements proposés dans le bassin versant de la Papeivi à savoir :

- Elargissement du pont
- Recalibrage
- Fossé pluvial
- Protection en enrochement en RG en amont du pont et RD à l'aval du pont

Afin d'orienter le choix des aménagements, une délimitation grossière des zones à enjeu a été réalisée en utilisant les photos aériennes et l'occupation du sol. Les types de zones retenues sur le bassin versant de la Papeivi sont les suivants :

- Urbanisation dense,
- Urbanisation diffuse,
- Habitation isolée,
- Zone de culture.
- Zone naturelle

La Figure 44 permet de localiser les zones à enjeux.



FIGURE 43 : LOCALISATION DES AMENAGEMENTS PROPOSES SUR LE BASSIN VERSANT DE LA PAPEIVI



FIGURE 44 : ZONAGE DES ENJEUX POUR LA PROPOSITION D'AMENAGEMENT

9.1 Redimensionnement de l'ouvrage de franchissement de la RT

L'ouvrage de franchissement de la Papeivi par la RT est sous dimensionné. Un redimensionnement permettrait de diminuer l'accumulation d'eau en amont de la route. Il est proposé de détruire le pont actuel afin d'en construire un nouveau permettant de faire transiter la crue centennale. Cet agrandissement de section permettra de diminuer l'aléa inondation sur les habitations en amont de la RT, dans la zone 2.

Les hypothèses de dimensionnement du pont sont les suivantes :

- Le débit centennal est de 93 m³/s.
- La hauteur sous poutre amont est conservée afin de ne pas rehausser la route et ainsi risquer d'accentuer son effet barrage pour certaines crues : 2.70 m
- Le coefficient de frottement correspond à un lit naturel car même si le fond de l'ouvrage est en béton, il sera recouvert de sédiment dès les premières crues : Strickler de 25
- Conservation de la pente : 0.002 m/m
- Formule de Manning-Strickler

L'application de la formule de Manning Strickler donne une ouverture de largeur 29m et de hauteur 2.

L'élargissement de l'ouvrage doit être accompagné d'une recalibration du cours d'eau jusqu'en aval.

9.2 Recalibrage du cours d'eau

- Au niveau de la RT

Afin de mieux engouffrer les écoulements dans l'ouvrage hydraulique et les faire transiter vers la mer, un recalibrage du cours d'eau est réalisé. En aval de la RT, une protection en enrochement en rive droite est proposée pour protéger les maisons. L'élargissement nécessitera une section avec lit mineur et risbermes afin de garder une section de lit mineur suffisamment petite pour éviter l'ensablement pour les débits courants. Les berges sont protégées par la plantation d'arbuste, les espèces à planter doivent être adaptées à Tahiti.

- Largeur en gueule : 25 m
- Hauteur moyenne : 2 m
- Pente berge : 2/1



FIGURE 45 : ELARGISSEMENT DU COURS D'EAU AU NIVEAU DE LA RT

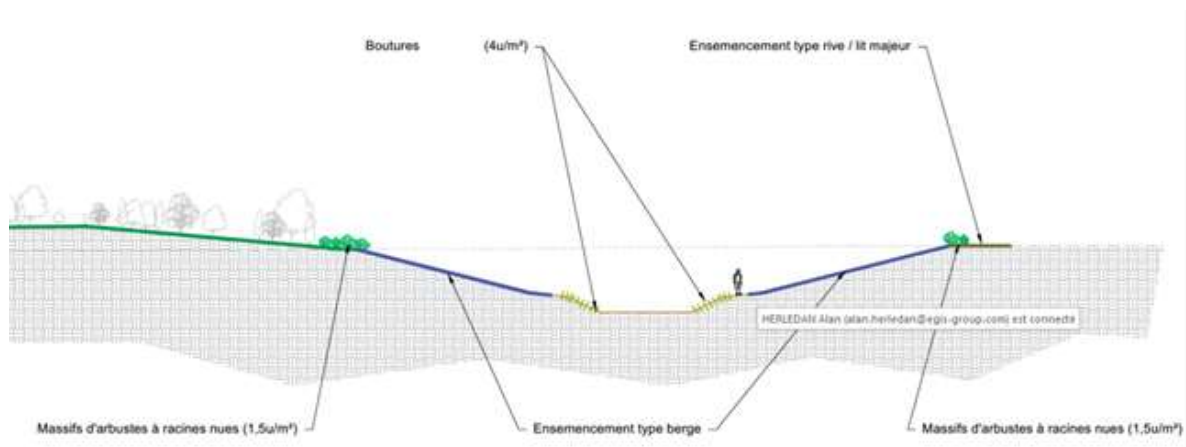


FIGURE 46 : COUPE TYPE D'UN COURS D'EAU RECALIBRE AVEC RISBERMES

■ En amont de la RT

Un recalibrage du cours d'eau est proposé en amont. Le cours d'eau sera élargi en rive droite et les enrochements en rive gauche seront étudiés afin d'estimer leur remplacement ou non.

Un fossé pluvial se jetant dans la rivière sera également prévu afin de récupérer les écoulements parallèles au cours d'eau gênant le riverain au niveau de la prise de vue n°5.



FIGURE 47 : IMPLANTATION DES AMENAGEMENTS EN AMONT

9.3 Piège à embâcles

L'installation d'un piège à embâcles en amont du bassin versant permettrait de fortement diminuer le risque de blocage des ouvrages traversants en lit mineur et notamment le passage sous la RT. L'analyse des vues aériennes et de la topographie montrent qu'il y a peu d'espace en amont du bassin versant de Papeivi pour installer un piège à embâcles. Mais si agrandir l'ouvrage de la RT selon les dimensions proposées est retenu, la largeur de l'ouvrage et un tirant d'air nécessaire devrait diminuer son risque de blocage par embâcle. Cet effet est accentué pour les petites crues inférieures à Q100.

9.4 Phasage des travaux

Les travaux prioritaires sont les travaux de redimensionnement de l'ouvrage sous la RT, il doit être fait de mettre en place le recalibrage en amont afin d'éviter toute aggravation en aval. Le piège à embâcle peut être mis en place à tout moment.

9.5 Chiffrage des aménagements

Les coûts des ouvrages ont été établis individuellement. Les coûts pourront être optimisés dans le cas d'un seul marché de travaux pour l'ensemble des aménagements.

La disponibilité foncière n'a pas été étudiée pour l'implantation des aménagements. Par conséquent, le chiffrage ne tient pas compte de l'acquisition foncière le cas échéant.

9.5.1 Recalibrage aval

TABLEAU 14 : ESTIMATION DU COUT DES TRAVAUX POUR LE RECALIBRAGE AVAL

Recalibrage aval			
Actions	Quantité	Prix unitaire (XPF H.T)	Prix total (XPF H.T)
Préparation			
Etude d'exécution (u)	1	500 000	500 000
Essais et test (u)	1	500 000	500 000
Récolement des ouvrages (u)	1	300 000	300 000
Constat d'huissier (u)	1	120 000	120 000
Total préparation			1 420 000
Travaux			
Installation de chantier (u)	1	2 000 000	2 000 000
Déblais (m3)	1500	3 000	4 500 000
Terrassement (m3)	1500	6 000	9 000 000
Enrochement rive droite (m3)	750	10 000	7 500 000
Coûts des travaux			23 000 000
Aléa travaux (20%)			4 600 000
Total			29 020 000

9.5.2 Ouvrage de la RT

TABLEAU 15 : ESTIMATION DU COUT DES TRAVAUX POUR L'OUVRAGE DE LA RT

Ouvrage sous la RT			
Actions	Quantité	Prix unitaire (XPF H.T)	Prix total (XPF H.T)
Préparation			
Etude d'exécution (u)	1	500 000	500 000
Essais et test (u)	1	500 000	500 000
Récolement des ouvrages (u)	1	300 000	300 000
Constat d'huissier (u)	1	120 000	120 000
Total préparation			1 420 000
Travaux			
Installation de chantier (u)	1	2 000 000	2 000 000
Dépose de l'ouvrage existant (ancien et nouveau ponts) (m3)	1000	21 000	21 000 000
Terrassement (m3)	1600	6 000	9 600 000
Construction ouvrage d'art (m2)	300	720 000	216 000 000
Coûts des travaux			248 600 000
Aléa travaux (20%)			49 720 000
Total			299 740 000

9.5.3 Recalibrage amont

TABLEAU 16 : ESTIMATION DU COUT DES TRAVAUX POUR LE RECALIBRAGE AMONT

Recalibrage amont			
Actions	Quantité	Prix unitaire (XPF H.T)	Prix total (XPF H.T)
Préparation			
Etude d'exécution (u)	1	500 000	500 000
Essais et test (u)	1	500 000	500 000
Récolement des ouvrages (u)	1	300 000	300 000
Constat d'huissier (u)	1	120 000	120 000
Total préparation			1 420 000
Travaux			
Installation de chantier (u)	1	2 000 000	2 000 000
Déblais (m3)	3200	3 000	9 600 000
Terrassement (m3)	3200	6 000	19 200 000
Enrochement rive gauche (m3)	4000	10 000	40 000 000
Fossé pluvial (déblais et terrassement) (m3)	1000	8 000	8 000 000
Coûts des travaux			78 800 000
Aléa travaux (20%)			15 760 000
Total			95 980 000

9.5.4 Synthèse des aménagements proposés

Le tableau ci-dessous expose les principes des aménagements proposés, en résumant leurs principales contraintes et avantages. Ce tableau de synthèse est conçu comme un outil d'aide à la décision, destiné à guider le maître d'ouvrage dans le choix des aménagements à mettre en œuvre.

Aménagement proposé	Zones à enjeux concernées – impact positif	Zones à enjeux concernées – impact négatif	Avantages	Inconvénients	Chiffrage
Redimensionnement de l'ouvrage de franchissement de la RT	2		<ul style="list-style-type: none"> - Améliorer le libre écoulement de l'eau sous le pont de la RT - Diminution des débordements vers les habitations en amont en de la RT 	<ul style="list-style-type: none"> - Difficulté de réalisation en termes de gestion de la circulation et de la phase travaux en phase provisoire - Cout élevé 	299 740 k XPF HT
Recalibrage amont	2		<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration du débit transitant dans le lit mineur - Diminution des débordements - Réduction de l'érosion des berges 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité de gérer l'acquisition foncière - Pas d'espace nécessaire pour redimensionner jusqu'à la centennale - Entretien nécessaire des berges 	29 020 k XPF HT
Recalibrage aval	2		<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration du débit transitant dans le lit mineur - Diminution des débordements - Réduction de l'érosion des berges 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité de gérer l'acquisition foncière - Pas d'espace nécessaire pour redimensionner jusqu'à la centennale - Entretien nécessaire des berges 	95 980 k XPF HT

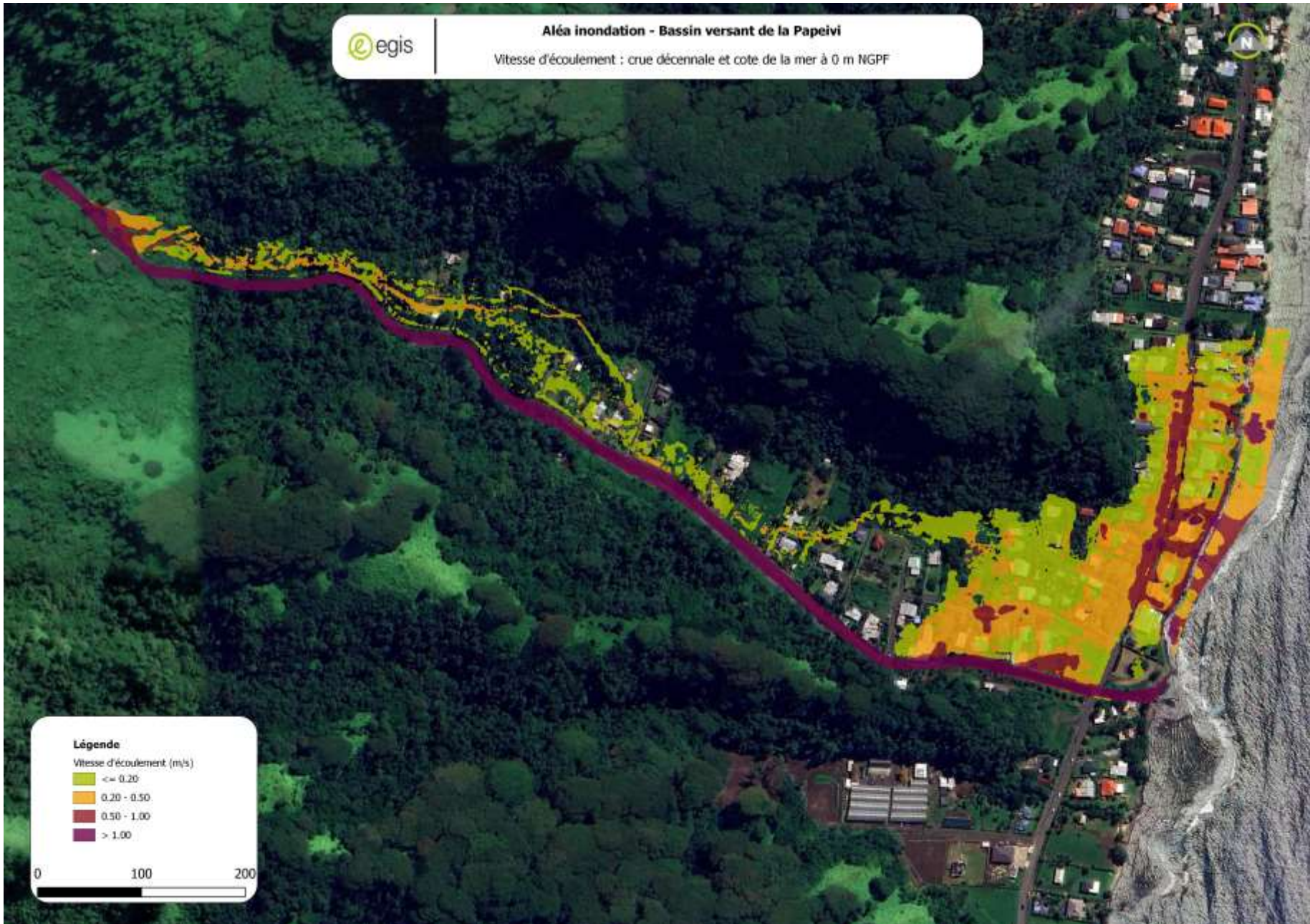
10 ANNEXES

ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE 01 – PAPEIVI

ANNEXE 2 : CARTOGRAPHIES DES HAUTEURS D'EAU ET DES VITESSES D'ECOULEMENT POUR LES DIFFERENTS SCENARIOS



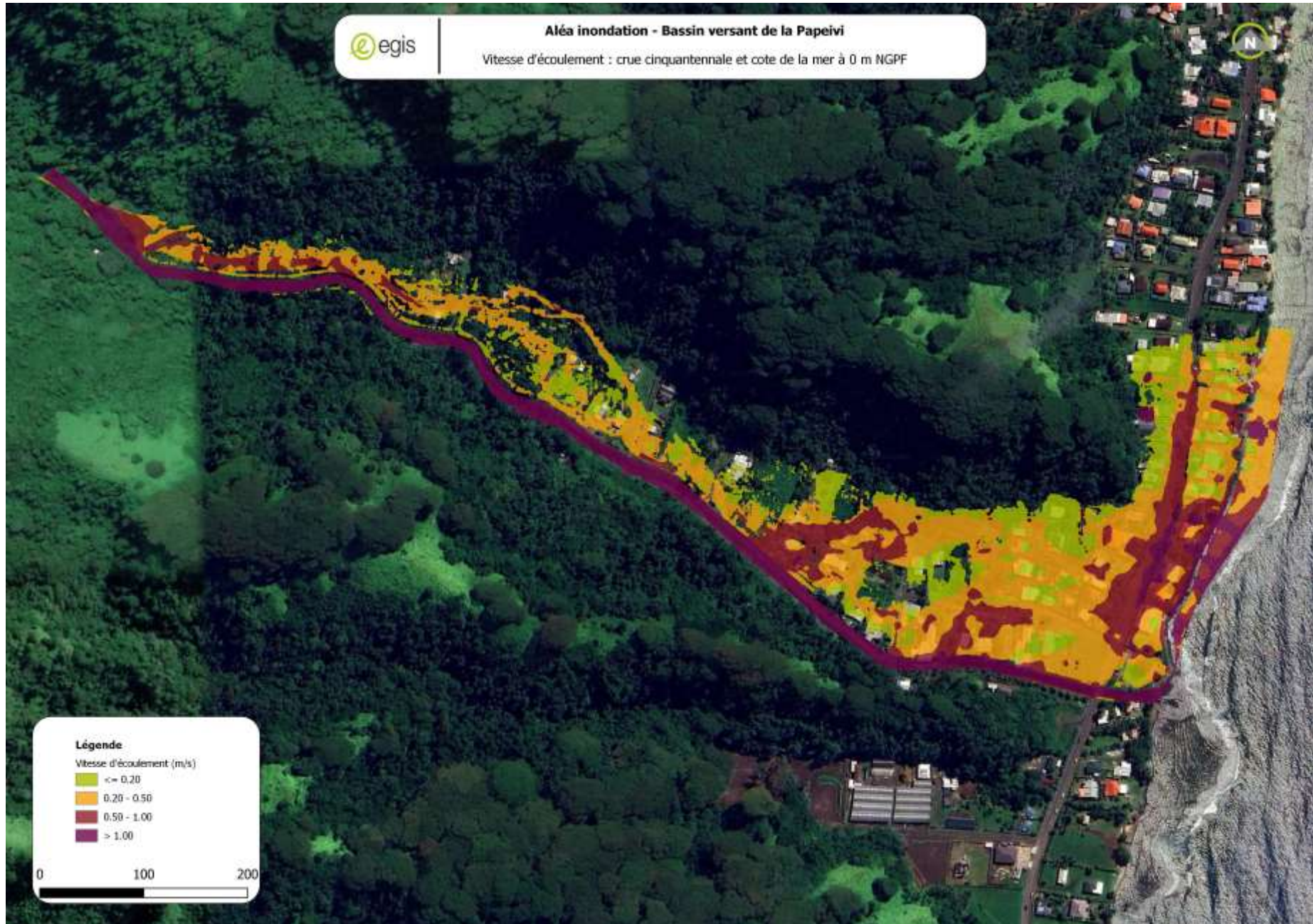
CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION DE RIVIERES DE TAHITI VIA LE LIDAR DANS LE CADRE DES ATLAS DES RISQUES NATURELS DE POLYNESIE FRANCAISE



CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION DE RIVIERES DE TAHITI VIA LE LIDAR DANS LE CADRE DES ATLAS DES RISQUES NATURELS DE POLYNESIE FRANCAISE



CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION DE RIVIERES DE TAHITI VIA LE LIDAR DANS LE CADRE DES ATLAS DES RISQUES NATURELS DE POLYNESIE FRANCAISE



CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION DE RIVIERES DE TAHITI VIA LE LIDAR DANS LE CADRE DES ATLAS DES RISQUES NATURELS DE POLYNESIE FRANCAISE

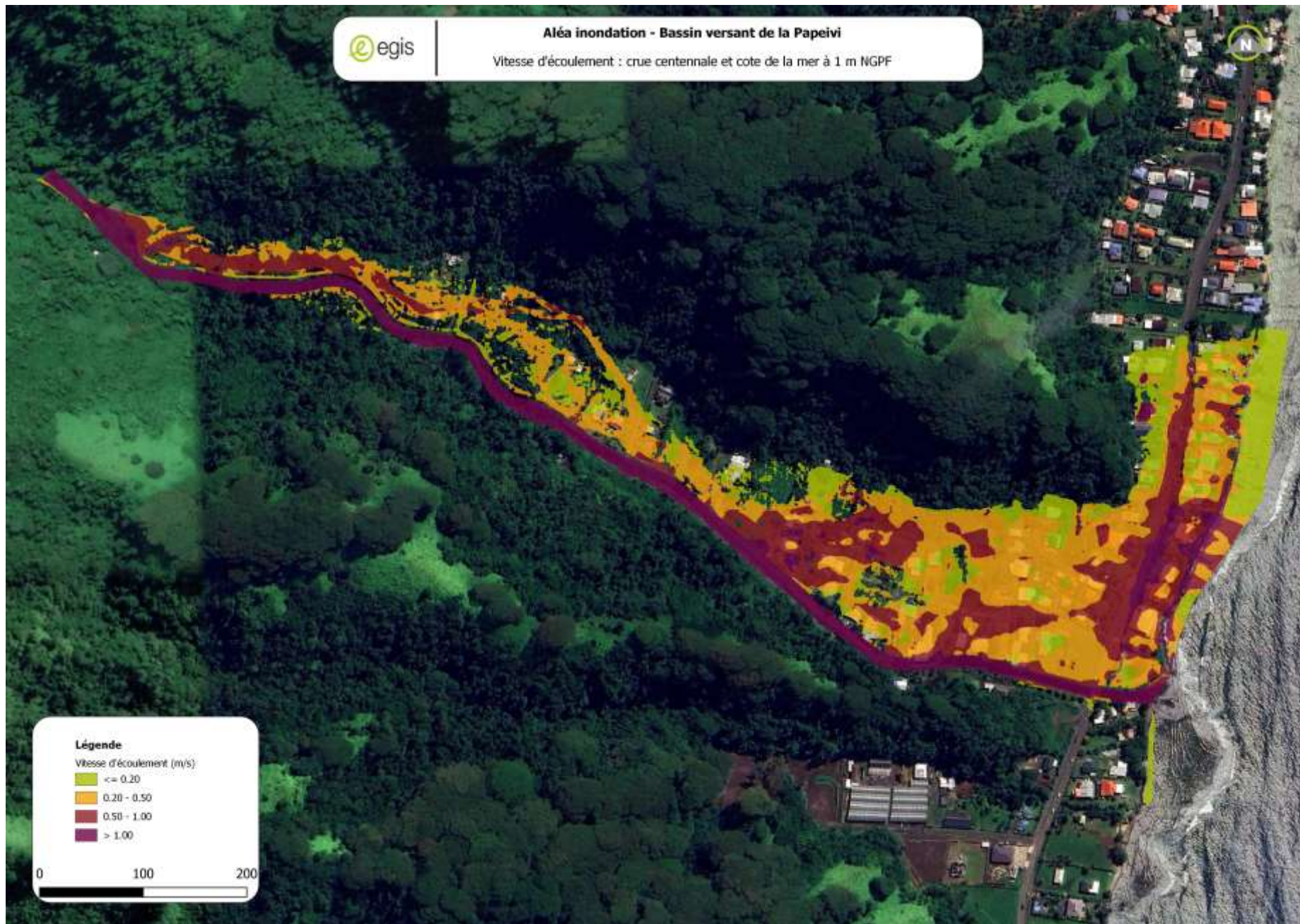


CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION DE RIVIERES DE TAHITI VIA LE LIDAR DANS LE CADRE DES ATLAS DES RISQUES NATURELS DE POLYNESIE FRANCAISE



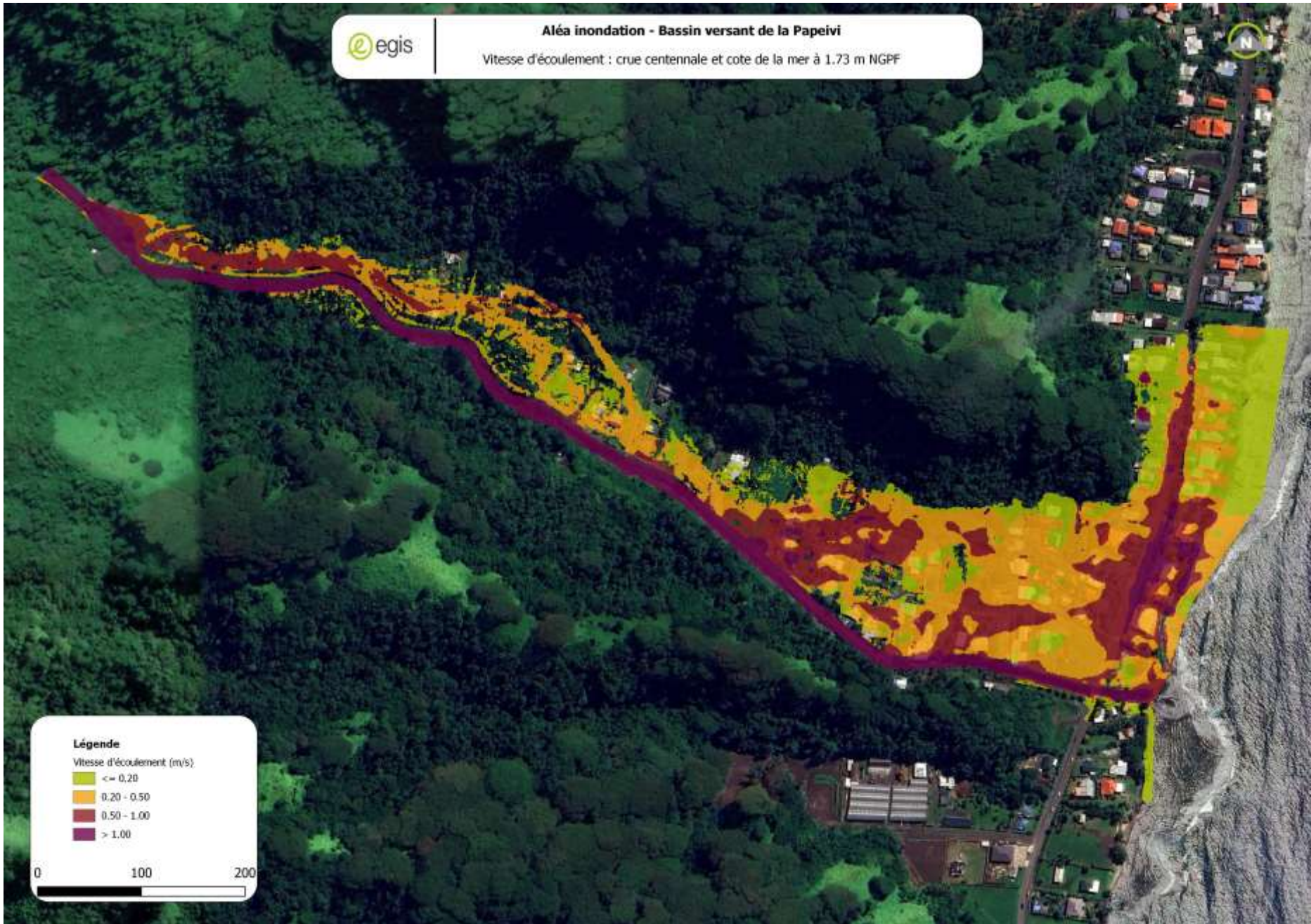
Aléa inondation - Bassin versant de la Papeivi

Vitesse d'écoulement : crue centennale et cote de la mer à 1 m NGPF





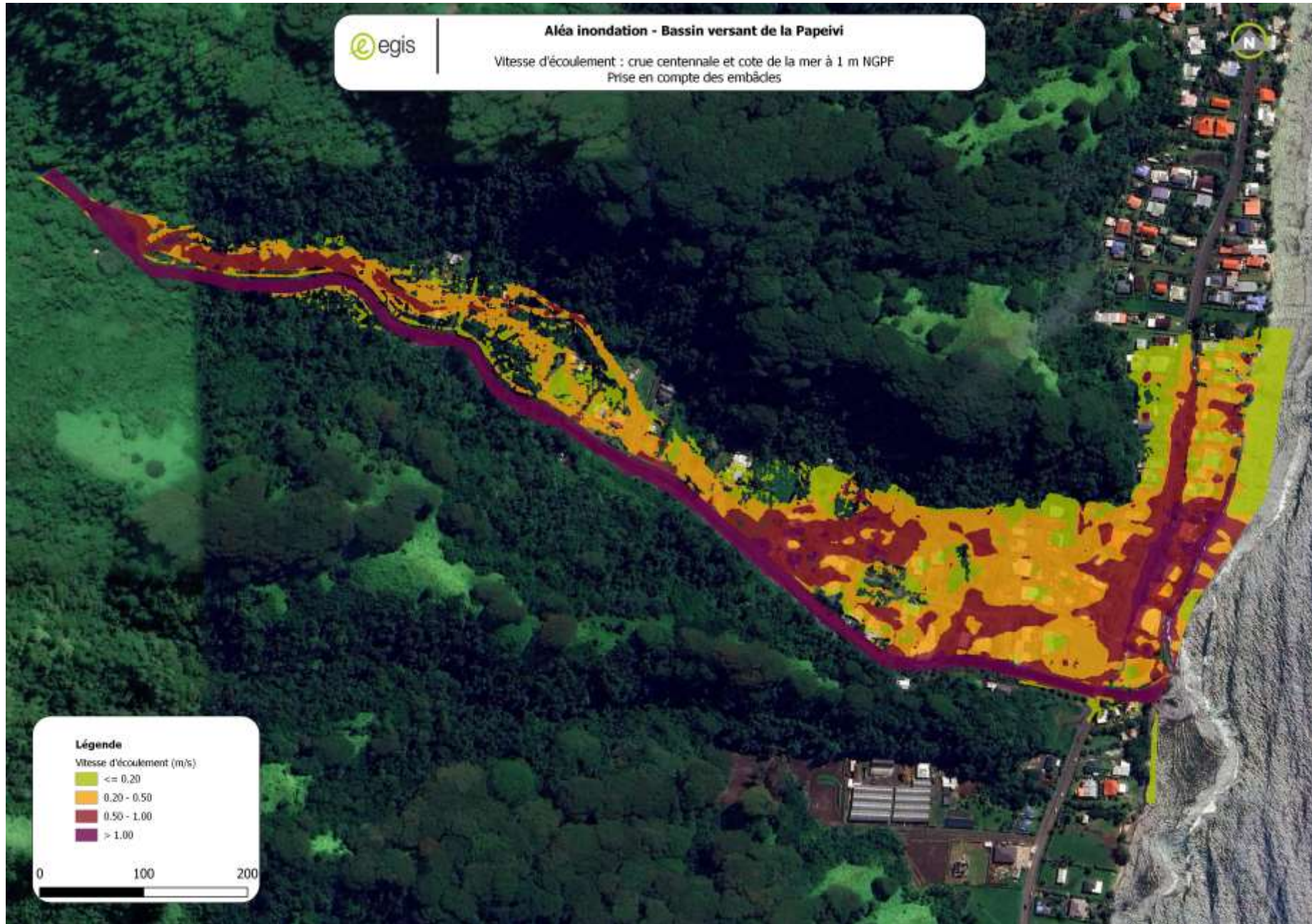
CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION DE RIVIERES DE TAHITI VIA LE LIDAR DANS LE CADRE DES ATLAS DES RISQUES NATURELS DE POLYNESIE FRANCAISE



CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION DE RIVIERES DE TAHITI VIA LE LIDAR DANS LE CADRE DES ATLAS DES RISQUES NATURELS DE POLYNESIE FRANCAISE



CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION DE RIVIERES DE TAHITI VIA LE LIDAR DANS LE CADRE DES ATLAS DES RISQUES NATURELS DE POLYNESIE FRANCAISE



CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION DE RIVIERES DE TAHITI VIA LE LIDAR DANS LE CADRE DES ATLAS DES RISQUES NATURELS DE POLYNESIE FRANCAISE



Aléa inondation - Bassin versant de la Papeivi

Hauteur d'eau : crue centennale et cote de la mer à 1.73 m NGPF
Prise en compte des embâcles

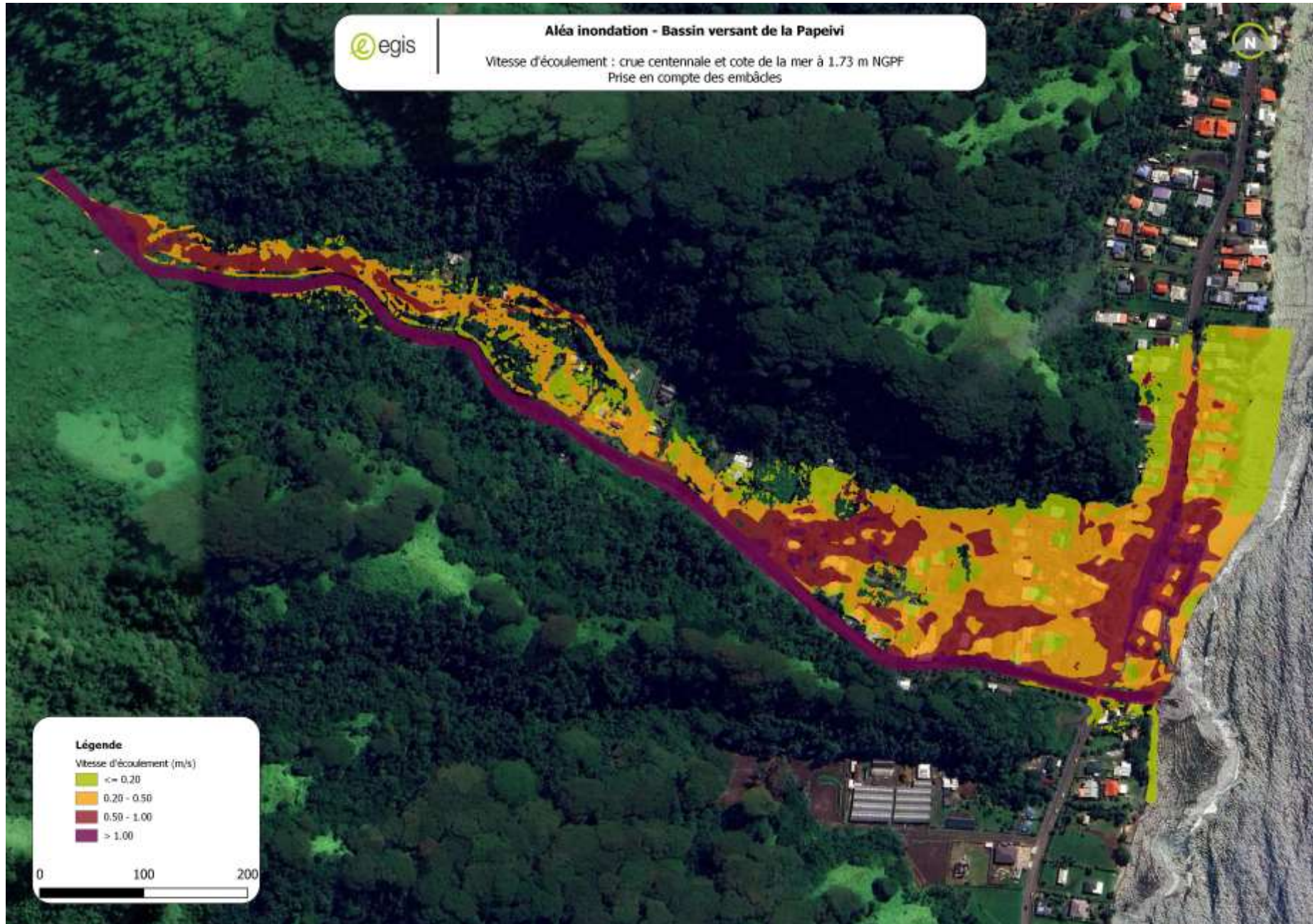


Légende

Hauteur d'eau (m)

- inférieure à 0,20
- 0,20 - 0,50
- 0,50 - 1,00
- 1,00 - 2,00
- > 2,00

0 100 200



CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION DE RIVIERES DE TAHITI VIA LE LIDAR DANS LE CADRE DES ATLAS DES RISQUES NATURELS DE POLYNESIE FRANCAISE



Aléa inondation - Bassin versant de la Papevii
Aléa : crue décennale et cote de la mer à 0 m NGPF

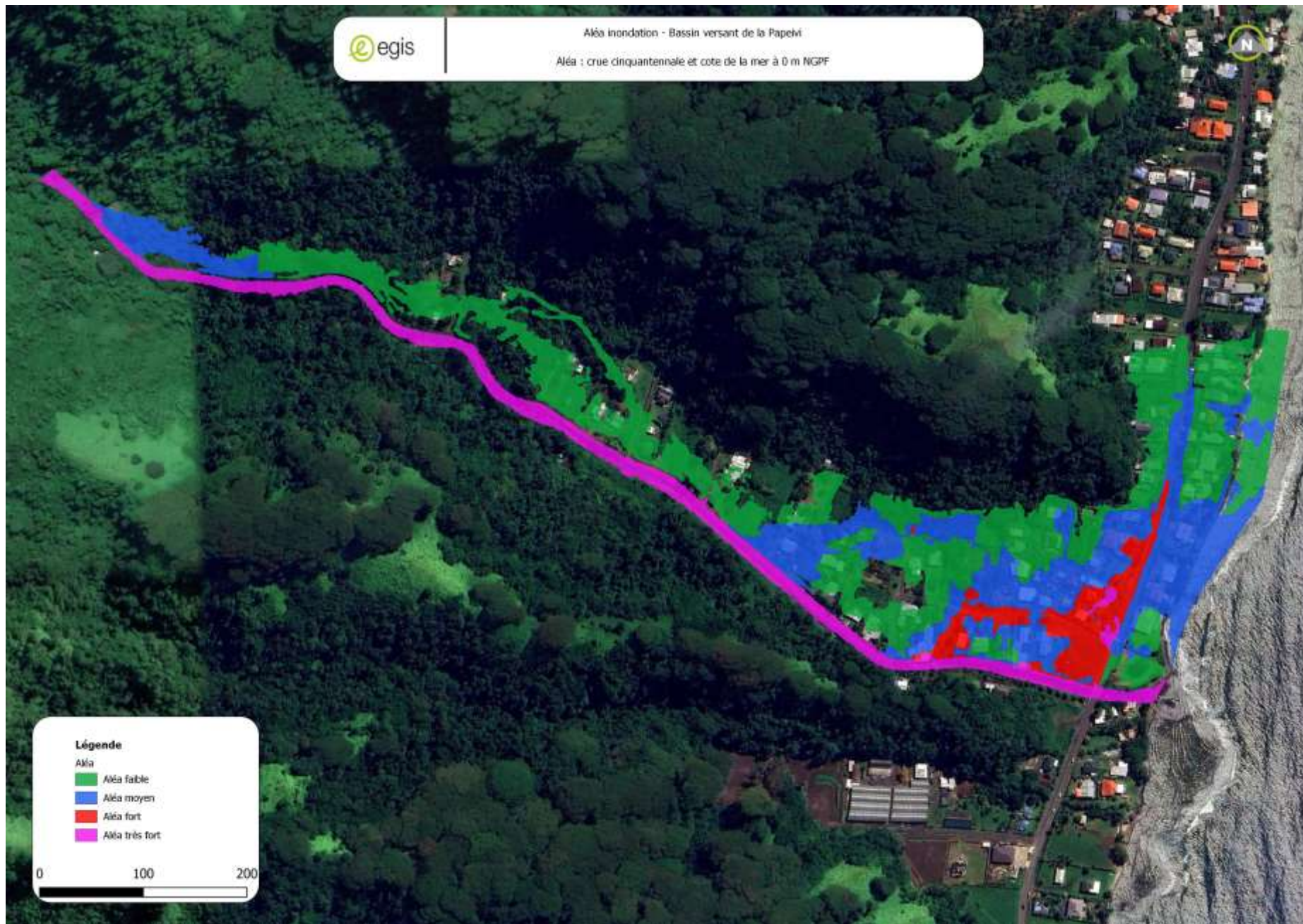


Légende

Aléa

- Aléa faible
- Aléa moyen
- Aléa fort
- Aléa très fort

0 100 200



Légende

Aléa

- Aléa faible
- Aléa moyen
- Aléa fort
- Aléa très fort

0 100 200



Aléa inondation - Bassin versant de la Papeïvi

Aléa : crue centennale et cote de la mer à 1 m NGPF



Légende

Aléa

- Aléa faible
- Aléa moyen
- Aléa fort
- Aléa très fort

0 100 200



CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION DE RIVIERES DE TAHITI VIA LE LIDAR DANS LE CADRE DES ATLAS DES RISQUES NATURELS DE POLYNESIE FRANCAISE



CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION DE RIVIERES DE TAHITI VIA LE LIDAR DANS LE CADRE DES ATLAS DES RISQUES NATURELS DE POLYNESIE FRANCAISE

