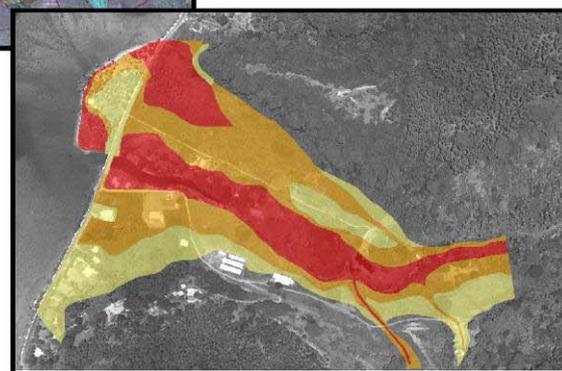
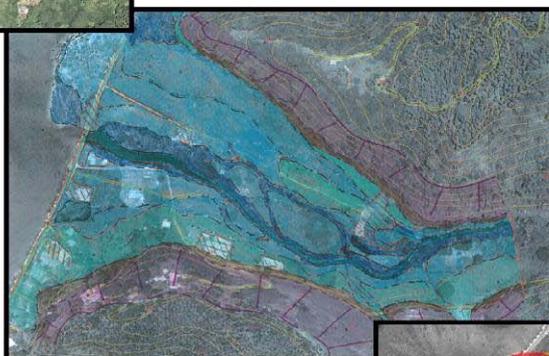


ETUDE DE L'ALEA INONDATION AU DROIT DE COURS D'EAU DE LA POLYNESIE FRANCAISE



RIVIERE TEVAITOA



■ ■ ■ ——— **Rapport d'expertise**

Table des matières

1.	ZONE D'EXPERTISE	3
1.1.	Présentation des caractéristiques générales du bassin versant	3
1.2.	Localisation de la zone d'expertise	4
2.	METHODOLOGIE RETENUE	5
2.1.	L'expertise hydrogéomorphologique	5
2.1.1.	Les unités actives fonctionnelles	6
2.1.2.	Les formes connexes	6
2.1.3.	Prise en compte des aménagements et de l'occupation des sols	7
2.2.	Traduction qualitative des aléas	7
3.	DONNEES DE L'EXPERTISE PAR TRONÇONS HOMOGENES	9
3.1.	Tronçon 1 glaciaire d'épandage	10
3.2.	Tronçon 2 plaine littorale	13
4.	CONCLUSION	14
4.1.	Evolution de la connaissance de l'aléa	14
4.2.	Propositions de mesures d'accompagnement et d'aménagement	14
	ANNEXES	15
	BIBLIOGRAPHIE	18

Le bassin versant de la Tevaitoa dominé par le plateau de Temehani dont les reliefs interceptent les dépressions tropicales, constitue un des secteurs les plus arrosés de l'île avec des valeurs de l'ordre de 4000 mm/an. Les crues se produisent préférentiellement lors de la saison humide de décembre à mars en corrélation avec les dépressions tropicales ou les épisodes cycloniques. Toutefois, les conditions orographiques particulières de l'île (effet de cloisonnement des petits bassins), peuvent également produire des épisodes orageux assez brefs mais de forte intensité, générant des crues soudaines en toute saison, y compris lors de la période sèche (mai 1984).

L'ensemble des caractéristiques physiques (climat, relief) favorise des crues fréquentes et répétitives (1982, 1983, 1984, 1998, 2005, 2007) qui affectent particulièrement les basses plaines où se concentre l'essentiel de l'urbanisation. Sous l'effet des précipitations intenses, ces événements peuvent être corrélés avec d'autres désordres comme les mouvements de terrains (glissements, coulées boueuses), l'ensemble occasionnant des dégâts importants

Les témoignages recueillis sur site, font état lors des cyclones des années 1980 (probablement LISA 1982 ou VEENA 1983) et de manière plus précise lors de l'épisode ALAN de 1998 ; de difficultés d'évacuation des eaux continentales au niveau de l'estuaire avec des débordements généralisés de part et d'autre des berges en amont du pont de la RT, probablement favorisés par les entrées marines. Sont également cités, des inondations avec la coupure de la RT vers le PK 11, consécutivement à une forte houle saisonnière de sud le 12/09/2005.

1.2. Localisation du secteur d'expertise

La zone d'étude représente un linéaire de 900 mètres du lit de la Tevaitoa où l'on distingue deux unités :

- Un secteur de glaciais d'épandage avec une pente moyenne assez forte (1,5%) où le cours d'eau conserve encore un caractère torrentiel marqué qui s'exprime par une bande active assez large avec un lit à chenaux multiples très dynamique où le cours d'eau dépose sa charge solide.
- Sur la partie basse, une zone d'étalement à pente faible (0,4%) très déprimée correspondant à un estuaire marécageux et palustre sous influence marine.



Le secteur d'étude : le hameau de Tuu Fenua, la basse plaine et l'estuaire de la Tevaitoa vu depuis le versant sud

2. METHODOLOGIE RETENUE

2.1. L'expertise hydrogéomorphologique

Elle s'appuie sur la méthode hydrogéomorphologique, approche naturaliste de terrain aujourd'hui préconisée par les services de l'Etat, pour la cartographie des zones inondables. Elle est basée sur l'identification des unités spatiales homogènes correspondant à différents **lits topographiques que la rivière a façonnés dans le fond de vallée** par accumulation de ses sédiments, pour différentes gammes de crues (fréquentes, moyennes, exceptionnelles).

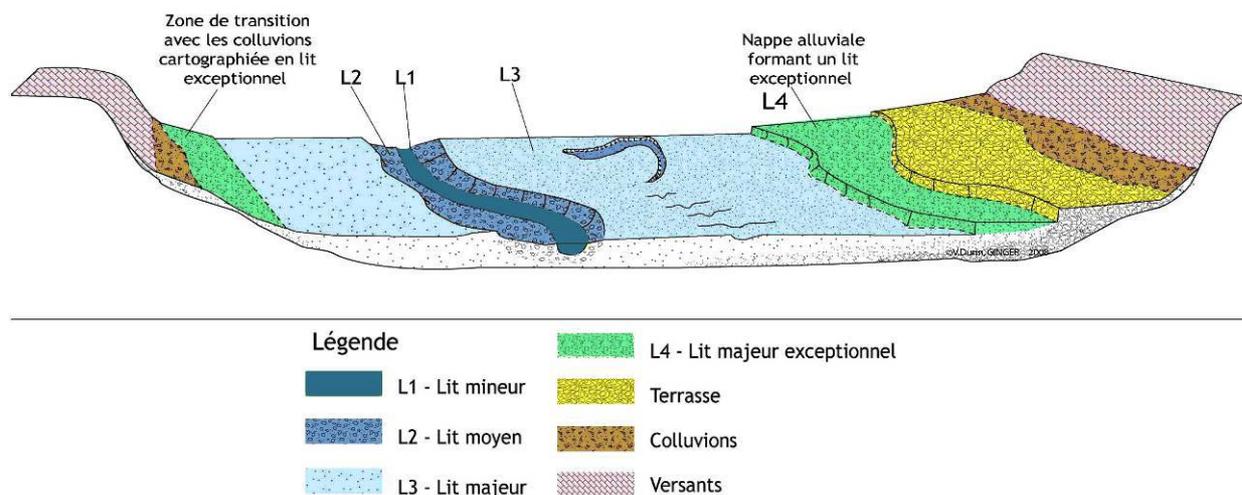
L'analyse hydrogéomorphologique se pratique sur le terrain et par photo-interprétation de clichés aériens. Dans le cas de la Tevaitoa, nous avons travaillé à partir de clichés stéréoscopiques issus d'une image QuickBird haute résolution (0.6 m) de 2004 fournie par le service de l'urbanisme (convention N° 27/2009), qui constitue également le support de restitution cartographique.



Vallée de la Tevaitoa (QuickBird 2004)

Dans le détail, cette cartographie dissocie d'une part les unités hydrogéomorphologiques actives de la plaine alluviale (bleu et turquoise); et d'autre part, les terrains encaissants non inondables correspondant aux terrasses anciennes (jaune) et au substratum rocheux (rose) qui constituent les versants.

Fig. 2 : schéma d'organisation de la plaine alluviale hydrogéomorphologique et de son encaissant (source GINGER)



L'ensemble des éléments cartographiés dans le cadre du diagnostic hydrogéomorphologique sont présentés ci-dessous par grandes unités :

2.1.2 Les unités actives fonctionnelles

- **Le lit mineur**, incluant le lit d'étiage correspond au lit intra-berges et aux secteurs d'alluvionnement immédiats (plages de galets). Il est emprunté par la crue annuelle, dite crue de plein-bord, n'inondant que les secteurs les plus bas et les plus proches du chenal d'écoulement permanent toujours en eau.
- **Le lit moyen**, fonctionnel pour les crues fréquentes à moyennes (période de retour 2 à 10 ans) assure la transition entre le lit mineur et le lit majeur. Il constitue ce que l'on appelle **la zone de mobilité du cours d'eau**, où les mises en vitesse et les transferts de charge importants induisent une dynamique morphogénique complexe et changeante en liaison avec la présence de chenaux et axes de crue.
- **Le lit majeur** est fonctionnel pour les crues plus rares (période de retour 20 à 100 ans). Il présente un modelé plus plat, situé en contrebas de l'encaissant. La dynamique des inondations dans ces secteurs, privilégie en général les phénomènes de décantation car ils sont submergés par des lames d'eau plus faibles que les unités précédentes. Toutefois, quand ils sont parcourus par d'anciens chenaux, ou gouttières connectées avec les talwegs latéraux, ils peuvent conserver ce que l'on appelle **des axes de grand écoulement**, qui restent relativement dynamiques en termes de hauteur et de vitesse.
- **Le lit majeur exceptionnel** marque généralement les parties inférieures des glacis de raccordement avec les versants où le contact avec l'encaissant est peu marqué dans des secteurs où le substratum basaltique est altéré (mamu) ou dans les zones de colluvions.

2.1.2 Les formes connexes

- **Les points de sortie ou de débordement** correspondent à des secteurs privilégiés d'évacuation d'une partie des débits du chenal principal vers un bras de décharge ou d'un axe d'écoulement dans le lit majeur.
- **Les Bras secondaires de décharge et axe d'écoulement** sont représentés par une flèche localisant la ligne de courant. Il s'agit de dépressions recoupant la plaine alluviale, mises en eau lors des plus fortes crues avec une hauteur d'eau et des vitesses plus importantes que dans le reste du champ d'inondation, traduisant un aléa plus fort.
- **Cônes de déjection** : Les cours d'eau à caractère torrentiel à forte pente au contact des plaines littorales proches du niveau de base côtier sont

couronnés à leur exutoire par une accumulation de sédiments grossiers qui constituent des cônes de déjection.

Surélevés par rapport au reste de la vallée, ces derniers, affectés tout ou partie de leur surface par des inondations avec une activité hydrodynamique variable en fonction des caractéristiques du bassin versant amont (taille, lithologie, nature du couvert végétal...)

2.1.3 Prise en compte des aménagements et de l'occupation des sols

Les aménagements anthropiques, l'urbanisation, ainsi que certains éléments du milieu naturel (verrous rocheux) ont des incidences directes multiples et variées sur la dynamique des écoulements au sein du champ d'inondation.

Les éléments suivants sont cartographiés : ponts, digues, seuils, remblais d'infrastructures linéaires ou surfaciques, autant d'ouvrages longitudinaux ou transversaux susceptibles de faire obstacle aux écoulements ou de favoriser l'évacuation des crues vers l'aval.

Même si la méthode hydrogéomorphologique ne permet pas d'évaluer l'influence de ces aménagements sur la variation de la ligne d'eau ou des vitesses, elle permet toutefois, de donner un avis d'expert sur leur impact en termes hydrodynamique (surcote, sédimentation etc...). Une attention particulière est portée sur le terrain sur objets naturels ou ouvrages transversaux **pouvant générer des embâcles** aggravant ainsi notablement les risques d'inondation.



Formation d'embâcles et impact sédimentaire lié à la présence d'un bloc rocheux dans le lit

2.2. Traduction Qualitative des aléas

La détermination qualitative des aléas découle du fonctionnement de la rivière tel qu'il a été apprécié par le diagnostic hydrogéomorphologique et confirmé par les informations issues de témoignages historiques (enquêtes riverains, photographies, presse, relevés de laisses de crues). Elle se déroule en deux séquences successives :

- Dans un premier temps, **un diagnostic par photo-interprétation** permet en fonction de l'intensité des dynamiques de corréler des indices morphologiques à des niveaux d'aléas.

Les témoignages géomorphologiques laissés par les crues ne permettent pas d'en déduire directement des hauteurs d'eau ni une hiérarchisation des hauteurs. Par contre, on sait globalement que telle ou telle forme topographique implique certaines gammes de vitesses et hauteurs d'eau.

Les aléas sont définis sur la totalité de l'emprise de la plaine alluviale. En termes cartographique le niveau d'aléa correspond à la traduction d'une forme hydrogéomorphologique conformément au schéma ci-contre et au tableau présenté ci-après :

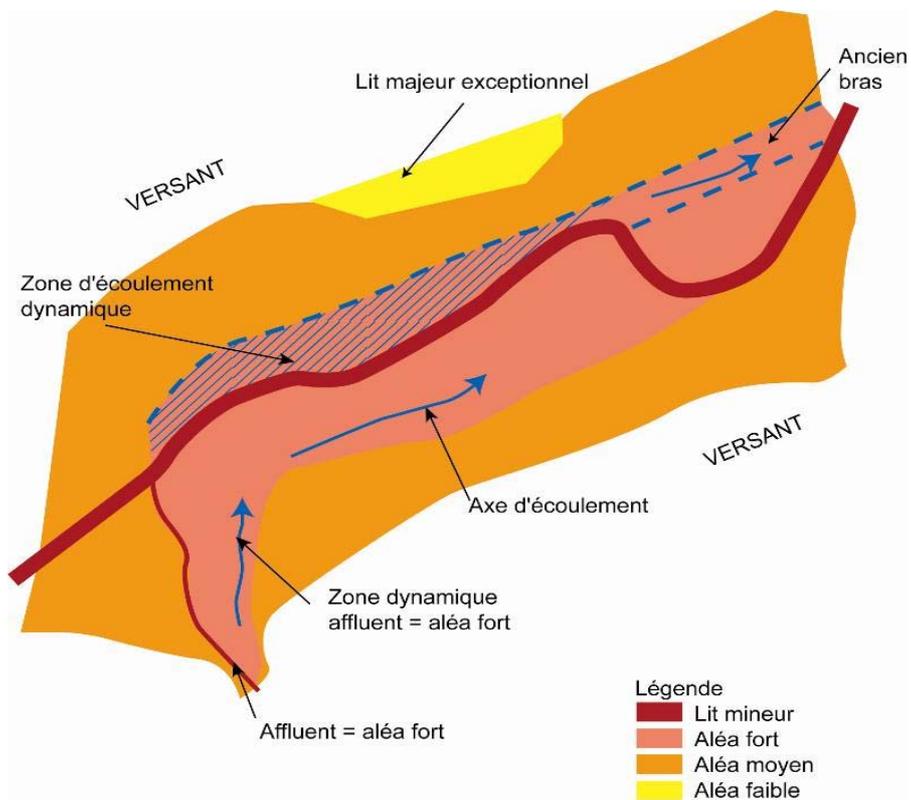


Fig. 2 Transcription des lits hydrogéomorphologiques en termes d'aléa.
GINGER- 2004

ALEA FORT	Comprend le lit mineur, l'ensemble du lit moyen avec les chenaux annexes et les anciens bras en connexion directe avec le chenal d'écoulement principal (espace de mobilité du cours d'eau), les portions du lit majeur recelant des axes de crues. En termes hydrodynamique cet ensemble peut être qualifié de zone de grand écoulement (hauteurs supérieures à 1 m et vitesses élevées).
ALEA MOYEN	Comprend le reste du lit majeur correspondant aux zones d'interfluves séparant les axes d'écoulements dynamiques ainsi que certaines bordures externes de la plaine alluviale. Cet ensemble peut être qualifié de zone d'expansion . Mobilisée tout ou partie pour les crues rares les aléas en termes de hauteur et surtout de vitesses y sont plus modérés.
ALEA FAIBLE	Cet ensemble est généralement associé aux espaces qualifiés de lit majeur exceptionnel dans le diagnostic hydrogéomorphologique, c'est-à-dire aux zones d'interface et de raccordement avec le versant correspondant généralement à des matériaux d'altération ou colluvions qui empâtent les pieds de versants. Ils ne sont atteints que lors des événements exceptionnels avec des hauteurs d'eau qui sont faibles et pas de dynamique vitesse.

- Par la suite, **l'analyse terrain** couplée à l'information topographique disponible sur la zone d'étude et aux informations historiques récoltées sur site permet d'améliorer le diagnostic On peut ainsi définir localement :

- les secteurs où les hauteurs d'eau seront de l'ordre du mètre ou plus pour une crue historique ;
- les secteurs où les écoulements seront rapides et dangereux (analyses de terrain, témoignages, proximité par rapport à la zone d'écoulement dynamique...)
- les secteurs d'étalement des débordements (espaces de large plaine),...

L'intégration de ces données semi-quantitatives permet à un deuxième niveau d'apporter certaines nuances aux corrélations précédemment effectuées venant ponctuellement conforter (et dans certains cas aggraver) les aléas définis d'après les principes de base énoncés précédemment

Enfin, même si la traduction de l'aléa a été réalisée sur la base du fonctionnement naturel des cours d'eau, l'expertise de terrain permet également **d'apprécier les effets d'aménagements anthropiques** susceptibles de modifier les conditions hydrodynamiques au sein des plaines alluviales (ponts, digues, remblais). Cette prise en compte ne se traduit pas nécessairement par une modification du niveau d'aléa (car seule une étude hydraulique permet de quantifier précisément leurs impacts sur les écoulements), mais des étiquettes signalétiques ont été rajoutées pour attirer l'attention des services, et indiquer en première analyse leur influence probable sur les crues.

3. DONNEES DE L'EXPERTISE PAR TRONÇONS HOMOGENES

Conformément aux principes de l'analyse hydrogéomorphologique, le linéaire étudié a été découpé en sections homogènes qui reflètent la morphologie et l'activité hydrodynamique au sein de la plaine alluviale. Pour chacun des 2 tronçons identifiés (cf. plan ci-dessous) le commentaire intègre les aspects géomorphologiques qui sont traduits directement en aléas.

On trouvera en annexe de ce document les cartes globales hydrogéomorphologie et aléas qualitatifs du secteur d'étude présentés sur fond de plan orthophotos en niveau de gris à l'échelle du 1/2500^e. Leur précision maximale correspond à cette échelle de report.

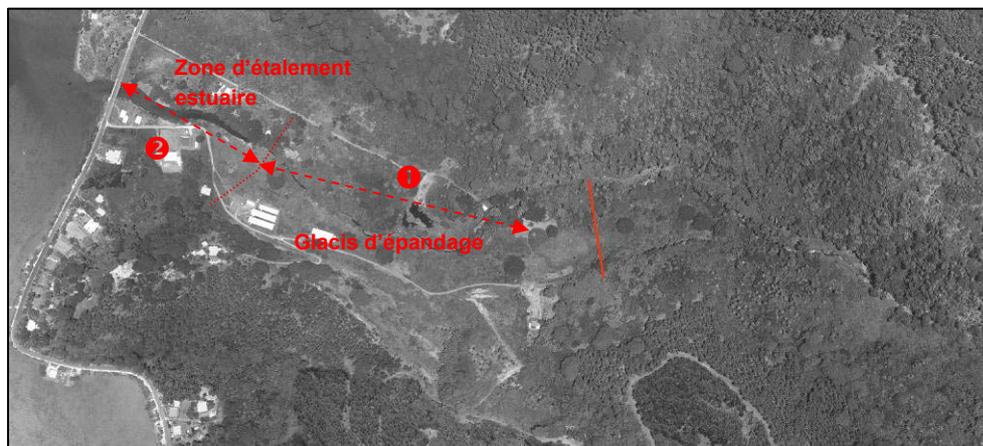


Fig. 3 Localisation des tronçons homogènes.

3.1. Tronçon 1 glacis d'épandage

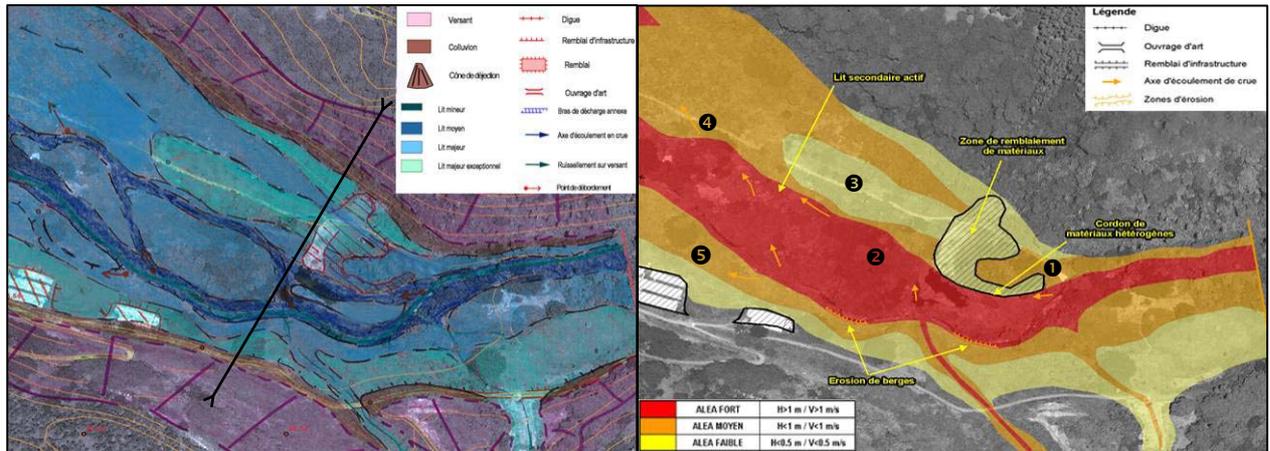
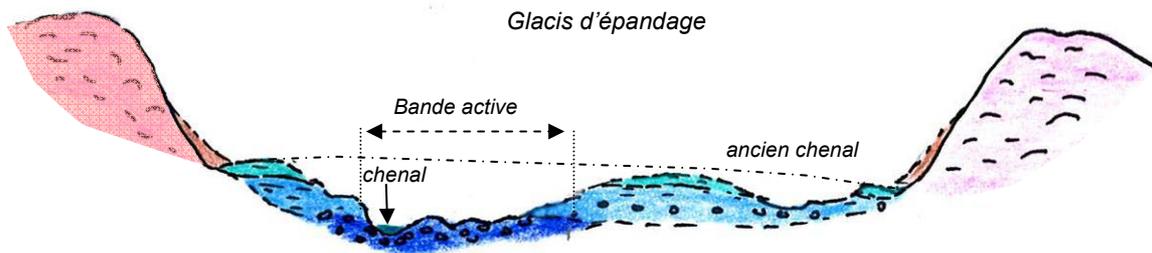


Fig. 4 Tronçon 1 : hydrogéomorphologie et qualification des aléas

A l'amorce de sa plaine littorale au débouché des collines rocheuses qui arment les reliefs de l'arrière pays, sous l'effet de la rupture de pente de son profil en long, la rivière Tevaitoa a édifié une vaste plaine de dépôts que l'on peut qualifier de glacis d'épandage qui occupe tout le fond de vallée



Sa surface convexe, se développe entre 12 m et 4 m NGP et elle est constituée par une accumulation assez importante de matériaux hétérogènes (limons-argileux, cailloutis, blocs) correspondant aux sédiments charriés par le cours d'eau qui ont comblé le plancher alluvial.

L'ensemble est recoupé par la dynamique active de la rivière largement influencée par des écoulements torrentiels à forte hydraullicité.

- La zone de mobilité et de grand écoulement ② occupe ainsi une large part de la vallée. Elle associe un lit mineur avec un chenal d'écoulement bien marqué ainsi qu'un ensemble d'axes et de chenaux secondaires qui lacèrent la topographie du lit moyen formant des iscles sur laquelle s'est développée une forêt de ripisylve assez dense.



Chenaux secondaires de lit moyen

Cette unité peut être mise en eau assez rapidement par l'intermédiaire d'un certain nombre de points de sorties en connexion directe avec le lit mineur. Les chenaux secondaires identifiés sur la carte hydrogéomorphologique ainsi que l'ensemble des interfluves séparés par des dénivelés assez faibles (de l'ordre de 0,5 m tout au plus) sont ainsi classés en aléa fort.

- Au-delà, l'espace du lit majeur est également potentiellement assez dynamique, les transferts s'effectuant préférentiellement vers la rive droite où les berges sont plus basses, via des points de débordements préférentiels (❶,❷).

La topographie naturelle du glacis notamment sur sa partie amont, a été très largement modifiée par la réalisation d'un remblai surfacique gagné sur le lit majeur de la plaine alluviale. Cet aménagement qui présente une forme en dent creuse (cf. fig. 4 page précédente) modifie notablement les conditions naturelles d'écoulement, jouant temporairement le rôle d'un casier de surstockage.

En oblitérant les capacités d'évacuation notamment au niveau de l'ancien chenal corolaire au point de sortie ❶, il contribue à limiter les débordements dans ce secteur.

Par contre, son emprise resserre la bande active, ce qui favorise les dynamiques (érosion et sapement des berges rive gauche, mobilisation de points de sortie plus en aval sur les deux rives (❸,❹)).



Erosion et sapement du pied de berge rive gauche

Au regard de l'ensemble de ses informations, compte tenu des phénomènes torrentiels et des dynamiques répertoriées, les portions de lit majeur adjacentes à la bande active restent classées en aléa modéré et seuls les interfluves du glacis (cf. coupe) sont identifiés en aléa faible.

3.2. Tronçon 2 zone d'étalement estuarienne

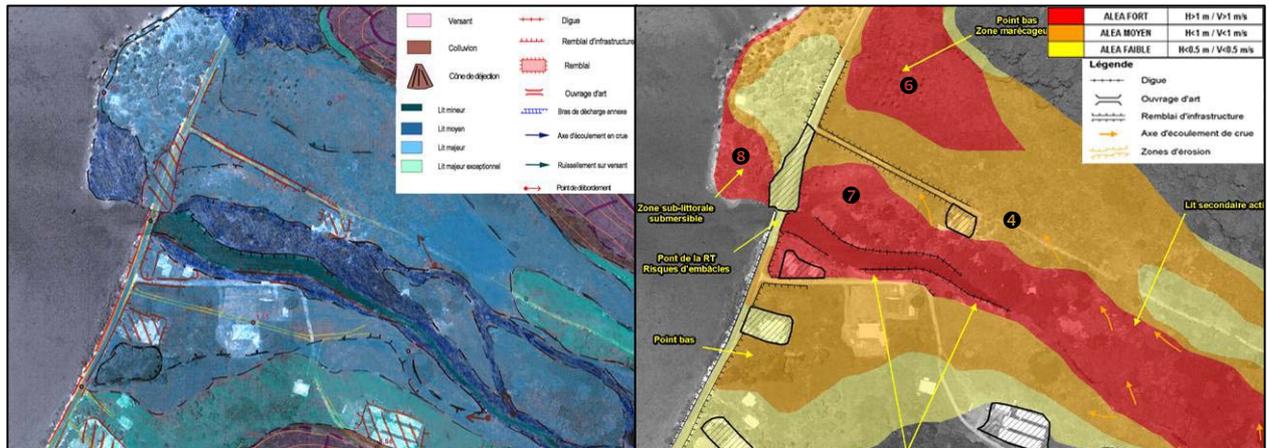


Fig. 5 Tronçon 2 : hydrogéomorphologie et qualification des aléas

A l'aval du glacier, on se situe au niveau du plancher de la plaine côtière qui s'évase en pente douce vers le littoral à des altitudes comprises entre 0,5 m et 1,5 m NGP. Dans cette zone on distingue deux unités :

- Une bande active de largeur bien calibrée où le chenal d'écoulement contrôlé par le niveau marin 200 mètres avant l'embouchure, s'élargit progressivement pour atteindre 20 mètres à proximité du pont de la RT. Ses berges sont bordées par une bande étroite de lit moyen correspondant à des terrains tourbeux palustres avec une végétation hydrophile adaptée aux eaux saumâtres ⑦.



Le lit de la Tevaitoa et l'anse d'érosion en lit moyen à l'amont du pont de la RT.

De fait, toute sa surface devient plus rapidement mobilisable, à la fois par les crues de la rivière (notamment à partir des axes d'écoulement en connexion avec le chenal) ; mais également par les risques de submersion liés à la surcote marine de 1m qui peut se produire lors des épisodes cycloniques où les tempêtes tropicales. L'ensemble, qui recèle notamment en rive gauche des habitations en bordure de berge, est classé en aléa fort car il se situe dans le couloir de grand écoulement correspondant à l'exutoire de la rivière.

L'anse d'érosion qui se développe en rive droite à l'amont du remblai du pont de la RT, atteste de la vigueur des phénomènes hydrodynamiques à proximité de l'ouvrage (photo ci-dessus).

- Le reste de la plaine alluviale correspond à une vaste zone de débordement et d'étalement barrée à l'aval par le remblai de la route territoriale, qui à l'exception des abords du pont surélevés, domine de 0,5 à 1 m le terrain naturel. Comme dans l'unité précédente, ils sont constitués de terrains palustres, avec des points bas marécageux et vaseux ⑥ colonisés par une pseudo-mangrove où la nappe est sub-affleurante.



Terrains palustres marécageux

Pour clôturer ce secteur, il convient également de mentionner en rive droite après l'estuaire la présence d'une zone sub-littorale ③ constituée par un plancher sub-décimétrique palustre (+ 0,20 cm / au niveau marin). Cet espace qui peut être facilement inondé lors des tempêtes par les eaux marines ainsi que par les débordements fluviaux de l'estuaire, est classé en aléa fort.



Zone sub-littorale

CONCLUSION

4.1. Evolution de la connaissance de l'aléa

Par rapport à la cartographie antérieure qui relevait également de l'expertise de terrain, l'analyse réalisée en juillet 2009 vient affiner de manière plus précise l'ensemble des dynamiques qui concernent la zone d'expansion et d'étalement des crues que constitue le glacis d'accumulation et la plaine littorale au débouché de la rivière Tevaitoa. Elle permet en particulier, de faire apparaître l'importance de l'activité hydrodynamique liée aux caractéristiques torrentielles du cours d'eau dans l'emprise de la bande active à travers la mobilisation du réseau des chenaux secondaires "en tresses".

Ces apports complètent très largement les éléments de l'analyse physiographique précédente et les modifient notablement. La prise en compte du glacis ② et l'intégration des éléments anthropiques amont (terrassement remblais) mettent en évidence une plaine alluviale où la zone de grand écoulement (bande active) reste contenue au sud du chemin de traverse. Ce dernier constitue un interfluve par rapport à un second axe décalé vers le nord (gouttière en pied de versant) qui se termine par une dépression marécageuse à l'aval ③.

4.2. Propositions de mesures d'accompagnement et d'aménagement

Dans cette plaine alluviale la compressibilité des terrains sur la partie aval, ainsi que le caractère marécageux et palustre des terrains font que l'urbanisation est aujourd'hui relativement limitée et s'organise plutôt autour des zones moyennement à faiblement exposées en rive gauche (à l'exception des 3 habitations situées au plus près du pont de la RT).

- Dans la mesure du possible, il serait souhaitable de conserver le caractère naturel de la rive droite qui constitue, on l'a vu plus haut (§ 3.2 p 12), une zone d'expansion et d'étalement des crues.
- Sur la partie amont en rive gauche là où les érosions de berges sont les plus prononcées (notamment à proximité du chemin), des protections en enrochement avec une butée de pied massive, permettraient de limiter le phénomène, dans les secteurs les plus critiques exposés aux affouillements.

ANNEXES

-

Cartographie hydrogéomorphologique

Cartographie qualitative des aléas

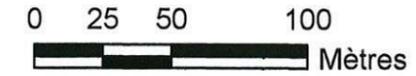


Ministère de l'aménagement et des relations avec les communautés
Cellule de l'urbanisme

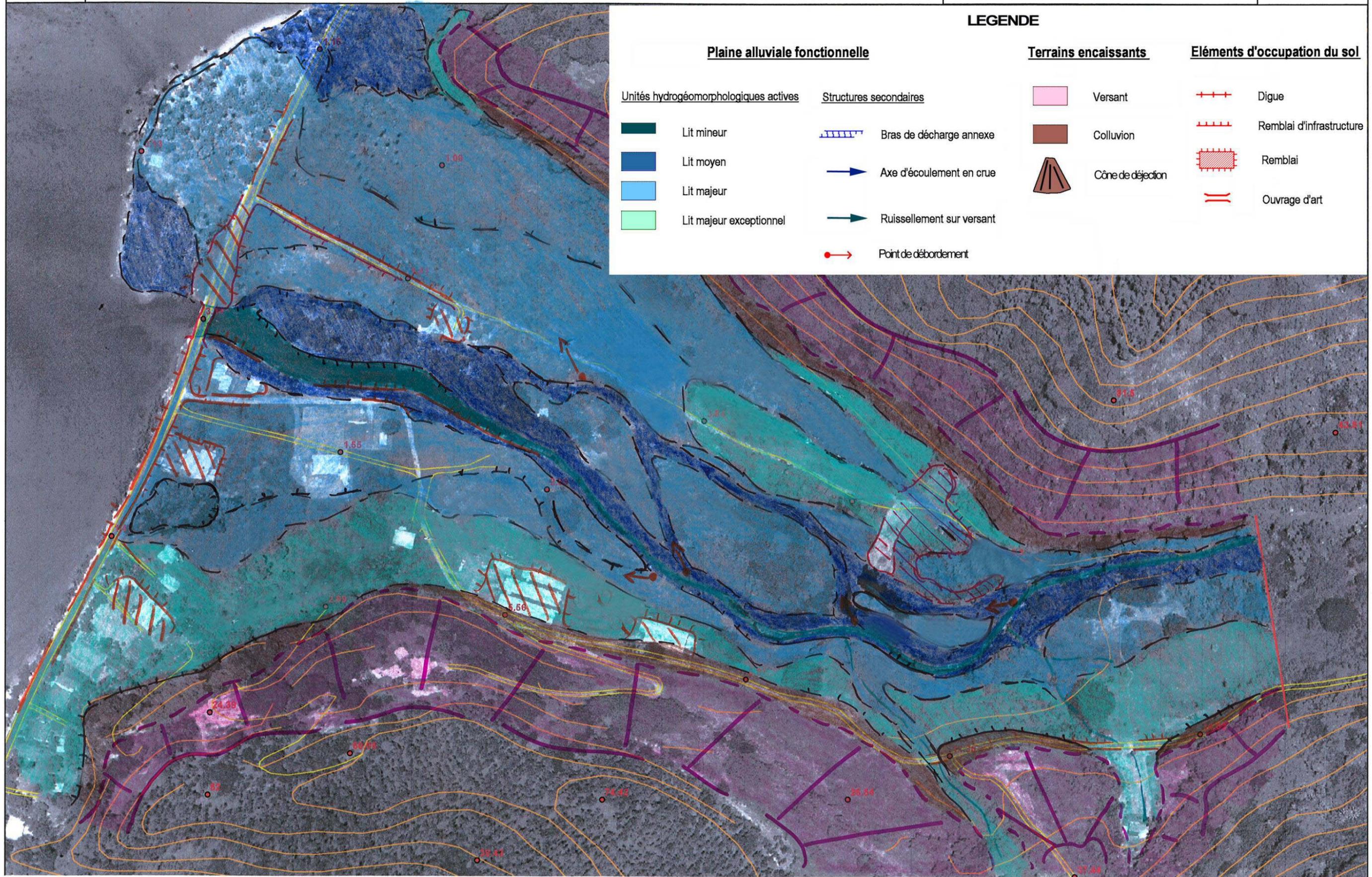
Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables de la rivière Tevaitoa



Echelle: 1:2 500



SPI INFRA



LEGENDE

Plaine alluviale fonctionnelle

Unités hydrogéomorphologiques actives

- Lit mineur
- Lit moyen
- Lit majeur
- Lit majeur exceptionnel

Structures secondaires

- Bras de décharge annexe
- Axe d'écoulement en crue
- Ruissellement sur versant
- Point de débordement

Terrains encaissants

- Versant
- Colluvion
- Cône de déjection

Éléments d'occupation du sol

- Digue
- Remblai d'infrastructure
- Remblai
- Ouvrage d'art



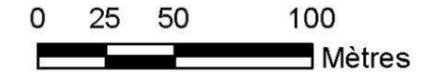
Ministère de l'aménagement et des relations avec les communes
Cellule de l'urbanisme

Carte des zones de débordement et de zonage des aléas issus de l'expertise de terrain

Aléas qualitatifs pour la rivière Tevaitoa



Echelle: 1:2 500

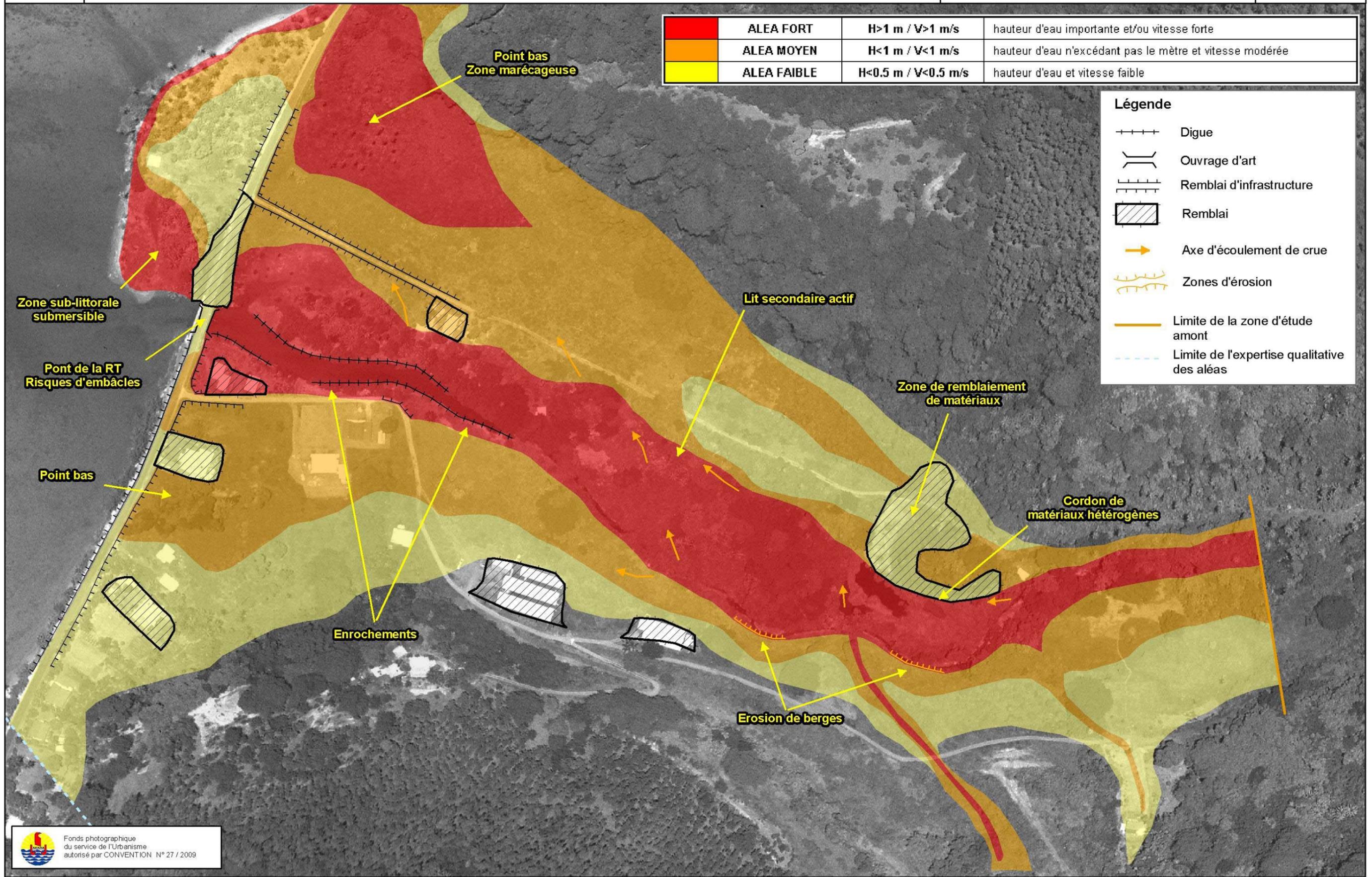


SPI INFRA

	ALEA FORT	H>1 m / V>1 m/s	hauteur d'eau importante et/ou vitesse forte
	ALEA MOYEN	H<1 m / V<1 m/s	hauteur d'eau n'excédant pas le mètre et vitesse modérée
	ALEA FAIBLE	H<0.5 m / V<0.5 m/s	hauteur d'eau et vitesse faible

Légende

- Digue
- Ouvrage d'art
- Remblai d'infrastructure
- Remblai
- Axe d'écoulement de crue
- Zones d'érosion
- Limite de la zone d'étude amont
- Limite de l'expertise qualitative des aléas



BIBLIOGRAPHIE

DANLOUX.J, FERRY.L, janvier 1983, Note sur les crues consécutives au passage de la dépression tropicale "Lisa".

DANLOUX.J, juillet 2003,, Evaluation des maximums de crues connues Raiatea et Moorea, AGIR – BRGM pour le GEGDP, 8 p.

CAUCHARDT.G, PASCAL R, PASTUREL J, 1993, La climatologie des îles, in Atlas de la Polynésie Française, ORSTOM - Papeete, pp 42-43

LAFORGUE.A, ROBIN.J, décembre 1989, (ORSTOM-GEGDP) Etudes hydrologiques : rapport de synthèse sur les îles de Raiatea et Taha de 1980 à 1989, ORSTOM – Papeete, ,229 p.

MONIOD.F, mars 1995, Connaissance et gestion des hydrosystèmes des îles hautes du sud-ouest Pacifique, in Colloque Environnement dans le Pacifique Sud, pp 97-106.