

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

RIVIERE MOAROA



■ ■ ■ ——— **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 cône amont de la RT2	10
3.2.	Tronçon 2 l'espace aval de la RT2	13
4.	CONCLUSION	14
4.1.	Evolution de la connaissance de l'aléa	14
4.2.	Propositions de mesures d'aménagement	14
	ANNEXES	15
	BIBLIOGRAPHIE	18

Le bassin versant de la Moaroa, même s'il se situe "sous le vent" à l'opposé des reliefs de la côte Est les plus exposés à l'influence directe des dépressions tropicales ; reste néanmoins bien arrosé, avec des valeurs de l'ordre de 4000 mm/ans.

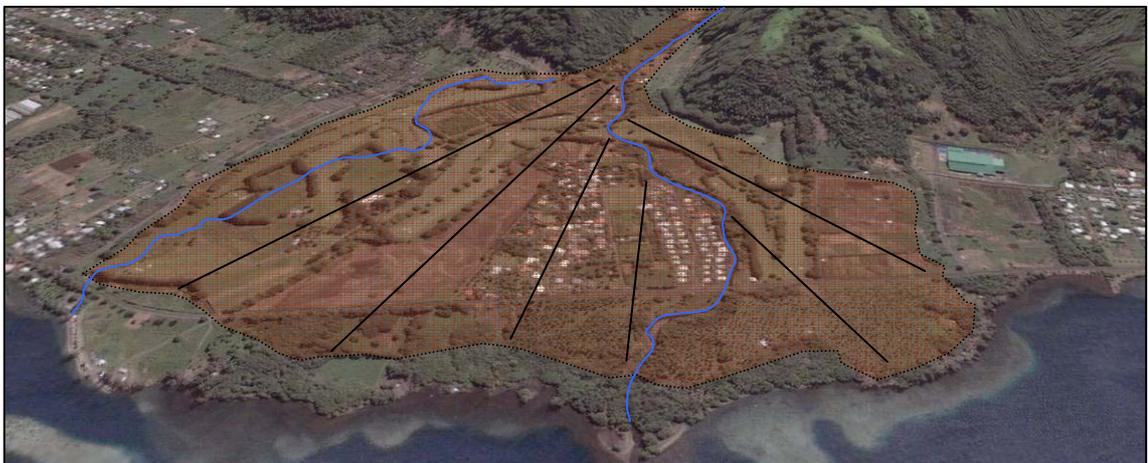
Les crues se produisent préférentiellement lors de la saison humide de décembre à mars en corrélation avec les dépressions tropicales ou les épisodes cycloniques. Toutefois, les conditions orographiques particulières de l'île (effet barrière des reliefs sub-littoraux à pente forte), peuvent également générer des épisodes orageux assez brefs mais de forte intensité, générant des crues soudaines en toute saison, y compris lors de la période sèche.

L'ensemble des caractéristiques physiques (climat, relief) favorise des crues fréquentes et répétitives (1982, 1983, 1985, 1998, 2006, 2007) qui affectent particulièrement la plaine littorale où se concentre l'essentiel de l'urbanisation. Pour les épisodes précités, sur ce petit bassin versant naturel, aucune estimation de débit n'a été trouvée dans la bibliographie.

1.2. Localisation du secteur d'expertise

Le secteur expertisé représente un linéaire de 1600 mètres du lit de la Moaroa qui recoupe le cône de déjection édifié par ses alluvionnements successifs au niveau du lieu dit Atimaono. Ce vaste pan incliné "en éventail", disséqué par le lit du cours d'eau principal et celui d'un chenal secondaire qui draine son flanc ouest, est occupé par le Golf d'Atimaono ainsi qu'une zone d'habitat pavillonnaire (lotissement) qui porte le même nom. On peut séparer cet espace en deux unités situées de part et d'autre de la RT2 qui traverse le cône et joue un rôle hydrodynamique majeur lors du développement des crues,

- Sur la partie haute, la zone de décharge et de grand écoulement des eaux, à la surface du cône, barrée transversalement à l'aval par le remblai routier de la RT2 qui ralentit les écoulements,
- Sur la partie basse, une zone d'étalement à pente faible très déprimée correspondant à l'extrémité du cône, recoupée par l'espace de la bande sub-littorale, submersible par la houle lors des tempêtes cycloniques, ou plus rarement par les Tsunamis.



Secteur d'étude : le cône de déjection au débouché de la Moaroa dans sa plaine littorale.

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).

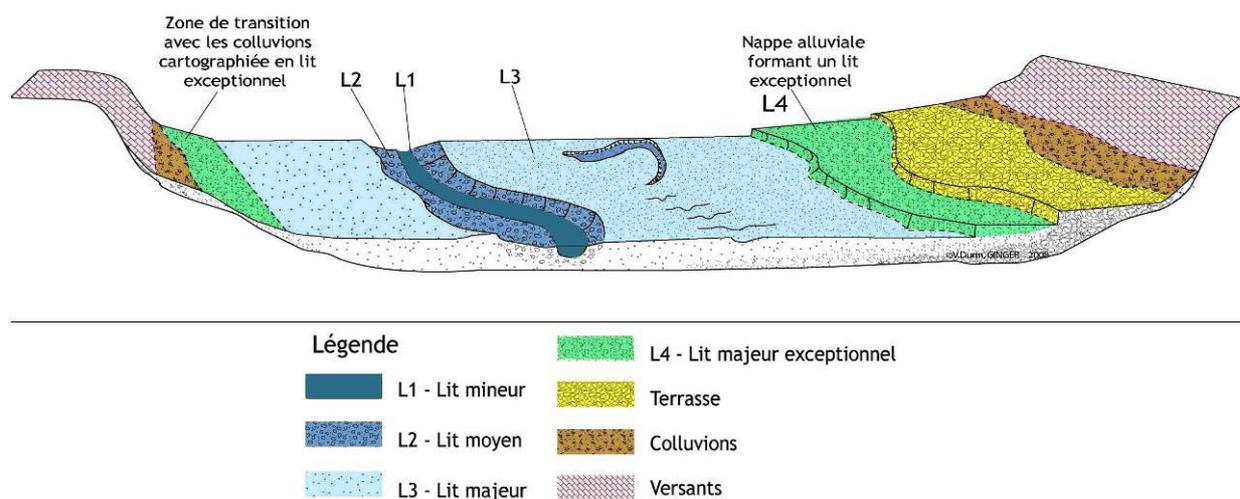
L'analyse hydrogéomorphologique se pratique sur le terrain et par photo-interprétation de clichés aériens. Dans le cas de la Moaroa, nous avons travaillé à partir de clichés stéréoscopiques issus d'une image QuickBird haute résolution (0.6 m) de 2004 fournie par le service de l'urbanisme (convention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



Vallée de la Moaroa (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 :

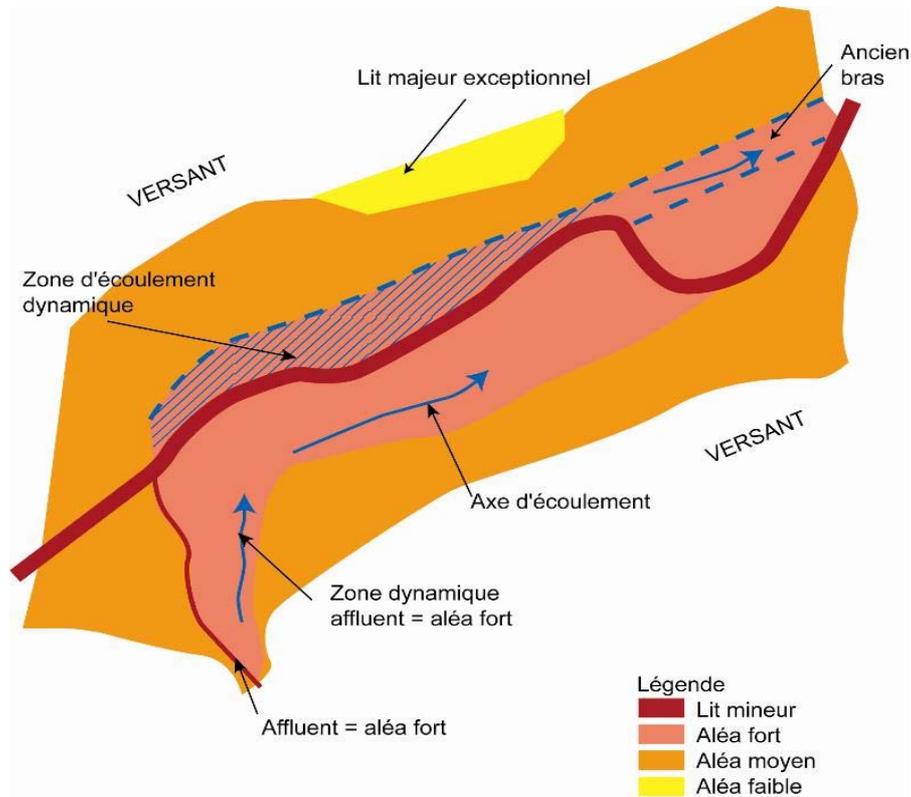


Fig. 2 Transcription des lits hydrogéomorphologiques en termes d'aléa. GINGER- 2004

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 1/6000^e. Leur précision maximale correspond à cette échelle de report.

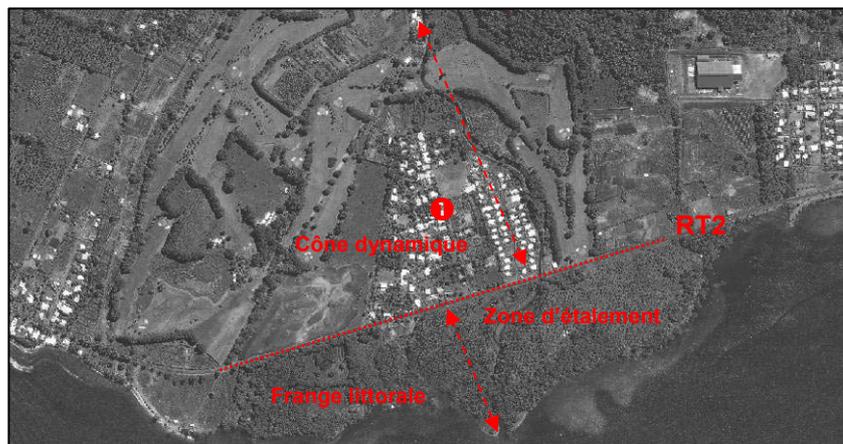


Fig. 3 Localisation des tronçons homogènes.

Tronçon 1 cône amont de la RT2

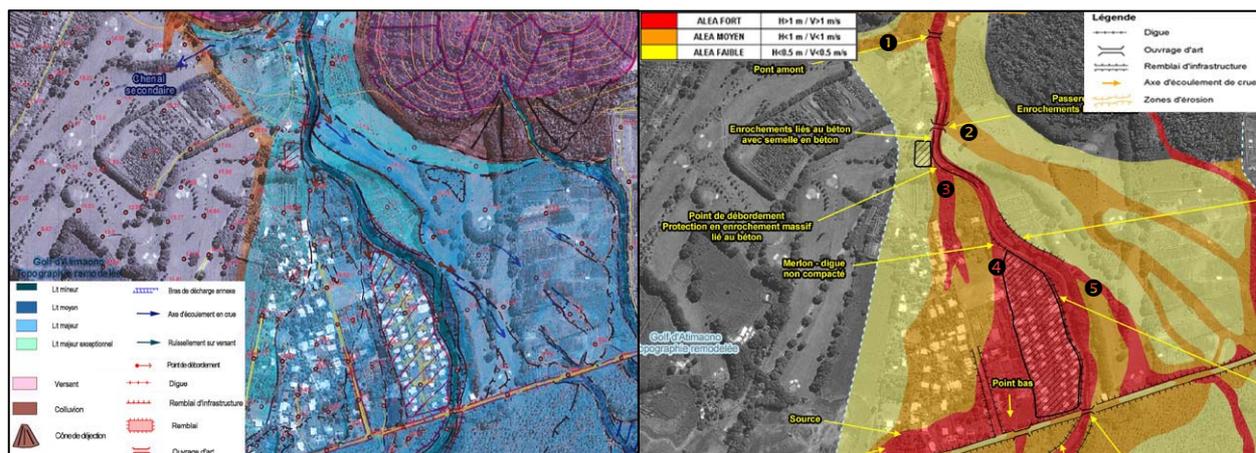


Fig. 4 Tronçon 1 : hydrogéomorphologie et qualification des aléas

Au débouché de la section rocheuse matérialisée par les falaises constituant la terminaison des planèzes qui arment les versants de l'arrière pays, la Moaroa a édifié un vaste cône de déjection de plus d'1,5 km² qui recouvre la quasi-totalité de la plaine littorale.

Sa surface convexe, qui se développe entre 25 m et 3,5 m NGP, est constituée par une accumulation assez importante de matériaux hétérogènes (limons-sables et cailloutis avec des petits blocs). L'ensemble est recoupé sur 1000 m par le lit mineur de la Moaroa qui décrit un coude et d'infléchit vers le sud-est.

- Le chenal d'écoulement de la rivière qui fait une quinzaine de mètres de large, est incisé de 2 à 3 mètres dans les formations du cône. Sa pente moyenne reste encore relativement importante (1,6%), ce qui lui confère encore une forte hydraulité qui se traduit par une charge solide assez grossière en fond de chenal, ainsi que par des désordres ponctuels liées aux vitesses d'écoulement (sapement de pied et érosion de berge). Localement, il est bordé par une bande de lit moyen, sur laquelle se déploie une strate herbacée et une ripisylve arbustive de petite taille qui rappelle la fréquence des submersions.



La bande active (de la Moaroa)

- Au-delà, quand le débit de plein bord est atteint, les débordements vers le lit majeur s'effectuent à partir de points de sortie préférentiels prolongés par des axes où chenaux secondaires dont les dépressions lacèrent la surface du cône. L'analyse de terrain a permis d'identifier 5 chenaux préférentiels qui se répartissent de part et d'autre de la rivière (cf. fig.4). En fonction de leur position par rapport au cours d'eau, ils sont activable plus ou moins fréquemment avec une intensité variable.

Les chenaux 1 et 2, correspondent à des points de sortie situés à l'amont d'ouvrage d'art, activables pour les crues rares à exceptionnelles, dans des conditions différentes :

- En 1, il peut s'agir de débordements préférentiels liés à la morphologie naturelle du champ d'expansion des crues, dont la topographie infléchit les écoulements vers la rive droite qui est plus basse ;
- en 2 le point le débordement rive gauche en amont de la passerelle, est très nettement influencé par le remodelage des berges de part et d'autre liés à l'aménagement du golf (practice en remblai en rive droite), et il peut être par ailleurs, accentué par la création d'embâcles sous l'ouvrage.

Les chenaux 3, 4 et 5 situés plus à l'aval, sont à notre sens plus facilement activables, car leur positionnement correspond à des points de sortie qui relèvent du fonctionnement hydrodynamique classique des cours d'eau en crue ; c'est-à-dire, des débordements préférentiels en extrados de méandre, là où les hauteurs d'eau et les vitesses sont les plus fortes.

Pour tenir compte du fonctionnement décrit dans les § précédents, un certain nombre d'aménagements anthropiques ont été réalisés dans l'emprise du cône ainsi qu'en bordure des berges de la rivière, dans un but de protection des enjeux et activités existantes (golf, lotissement d'habitation).

Dans la traversée du golf, le lit mineur a été recalibré et les berges protégées de part et d'autre par des enrochements massifs dans les secteurs où les contraintes hydrodynamiques étaient les plus fortes ; notamment, au niveau du point de sortie 3 en extrados de méandre où ces protections ont été complétées par une semelle anti-affouillement en béton (photo).



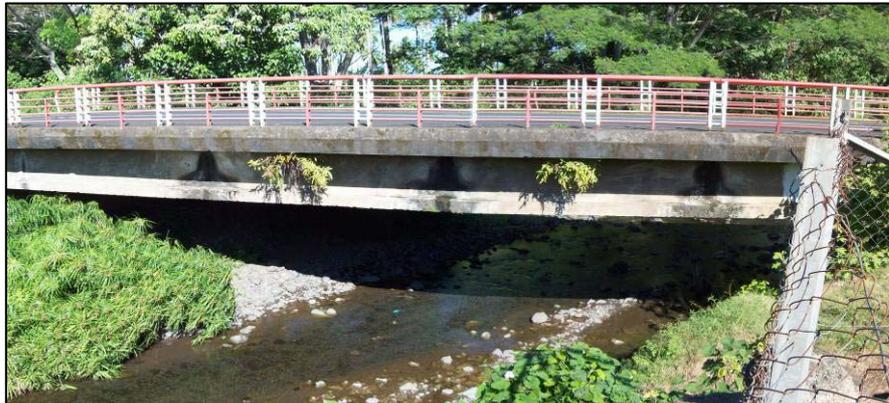
Protections de berges au niveau du golf

Plus à l'aval, le long du lotissement résidence Atimaono construit en remblai de part et d'autre du cours d'eau, les berges sont rehaussées avec un merlon digue stabilisé par des enrochements. Au niveau du point de sortie 4, la crête de berge n'est pas spécialement renforcée et le chenal d'écoulement associé est simplement barré par un merlon de terre, ce qui confère un caractère précaire à cette protection.

La cartographie des aléas, traduit pour une crue exceptionnelle, le fonctionnement hydrodynamique que l'on peu appréhender dans ce secteur compte tenu de la morphologie naturelle et des aménagements existants. Le secteur ouest du golf n'est pas intégré dans cette analyse, car la morphologie naturelle est entièrement modifiée par la création du parcours avec un remodelage complet du terrain.

Les zones les plus exposées correspondent naturellement à la bande active du cours d'eau ainsi qu'aux secteurs du lit majeurs pouvant être soumis à des processus hydrodynamiques intenses. On retrouve dans cet espace, les zones situées à proximité des points de débordement potentiellement les plus actifs sur la partie basse du cône. L'ensemble de la résidence Atimaono constitue une zone particulièrement sensible, car son inondabilité peut résulter de la conjonction de plusieurs éléments :

- des débordements par l'amont, issus du point de sortie 4, par ailleurs mal protégé (cette situation c'est produite en mai 2006 d'après les témoignages de riverains),
- des débordements latéraux liés au sous-dimensionnement de l'ouvrage hydraulique de la RT2, qui peut s'avérer limitant et favoriser des embâcles en raison de l'épaisseur de son tablier sous la chaussée (cf. photo ci-dessous),
- des débordements généralisés le long du remblai routier de la RT2 qui constitue un obstacle aux écoulements, concentrés le long d'un drain qui longe le flanc ouest du domaine (cf. point bas sur la carte).



Le pont sur la Moaroa au niveau du franchissement de la RT2

Concernant le point de débordement 3 en amont, qui concerne le groupe d'habitat plus à l'ouest, on considère au vu des protections réalisées, que les possibilités de débordements sont plus faibles ; et, que si celle elles se produisent, la morphologie de ce secteur favorisera un certain étalement. Par contre à l'aval, le remblai de la RT assez important dans ce secteur (1,5 m à 2 m par endroits), favorise du sur-stockage sans possibilité réelle d'écoulement, hormis quelques buses ou cadres béton sous-dimensionnés qui sont vite saturés.

Tronçon 2 espace aval de la RT2

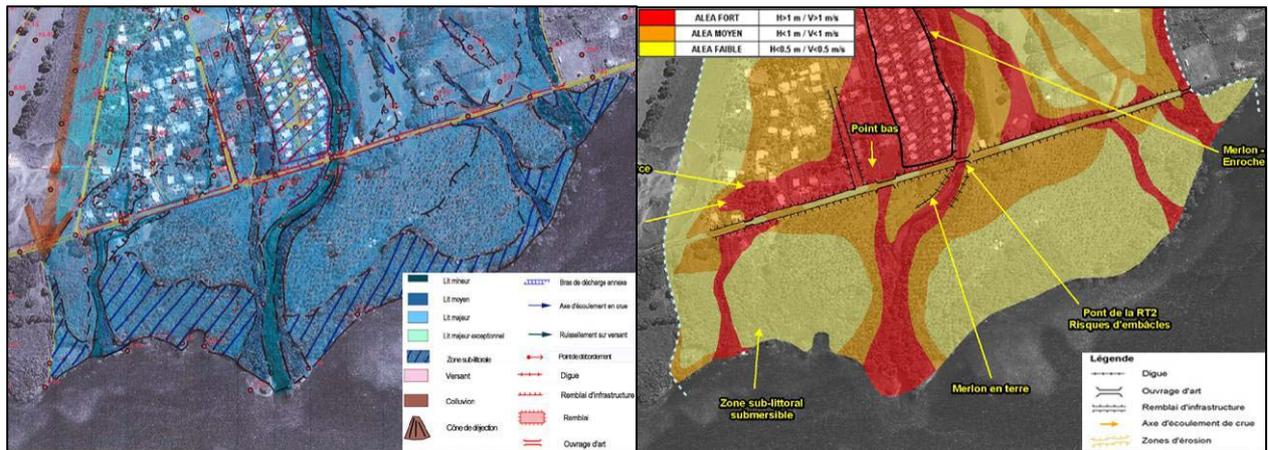


Fig. 5 Tronçon 2 : hydrogéomorphologie et qualification des aléas

Les caractéristiques morphologiques sont sensiblement différentes à l'aval de la RT2. L'espace est constitué de deux unités : la terminaison méridionale du cône qui d'effectue en pente douce vers la côte ; puis la matérialisation d'un pan incliné dont la pente est encore plus faible (0,5%), situé à une altitude variant entre 0,5m et 1,5 m NGP que l'on caractérise dans l'analyse géomorphologique de zone sub-littorale.

Hormis le lit de la rivière et l'axe des drains secondaires matérialisés par des petits chenaux soulignés par une végétation hygrophile qui reprennent les écoulements à l'aval de la RT ; la terminaison du cône constitue un espace peu dynamique où s'étaient les eaux. En l'état naturel, il est constitué par une forêt de cocotiers qui se développe jusqu'en bordure de la côte.

A l'aval, la bande de l'espace sub-littoral est peu impactée à l'exception de l'estuaire de la Moaroa et des exutoires littoraux des drains secondaires.



Chenaux d'écoulements à proximité de la bordure 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 la surface du cône de déjection de la Moaroa. Elle permet en particulier, de faire apparaître la localisation et le fonctionnement des principaux axes et chenaux secondaires potentiellement actifs, lorsque le débit de plein bord est atteint dans le lit mineur pour les fortes crues.

D'une manière générale, ce nouveau document confirme certains éléments déjà identifiés lors de l'analyse physiographique précédente, notamment la vulnérabilité importante du secteur de la résidence Atimaono en amont de la RT2. Le changement notable, concerne les compléments réalisés plus à l'amont qui mettent en évidence les chenaux de débordement 1 et 2 situés pour partie dans l'emprise du golf. La nouvelle cartographie souligne également l'impact important du remblai transversal de la RT2 et son rôle aggravant dans la traduction de l'aléa par effet de barrage et surstockage, notamment au niveau de points bas identifiés sur la carte.

L'ensemble de ces indices révèlent une activité hydrodynamique intense qui affecte potentiellement à des degrés divers, l'ensemble de la surface du cône depuis son apex au niveau du pont amont, jusqu'au littoral.

4.2. Propositions de mesures d'aménagement

Un ensemble de mesures ponctuelles permettraient de réduire l'aléa et globalement d'assurer une meilleure répartition des écoulements à la surface du cône.

- La première d'entre elle, concerne le traitement de la berge au niveau du point de sortie 4. A cet endroit où les dynamiques sont fortes notamment en termes de vitesses, pour assurer une protection pérenne des berges et limiter l'impact hydrodynamique du point de débordement, seul un aménagement en enrochement liés au béton semble réalisable.
- Le second point concerne le déficit de transparence hydraulique au droit du franchissement de la RT2. En sus de l'ouvrage principal dont le tirant-d'air est limité par l'épaisseur du tablier ; c'est sur l'ensemble des quatre autres points d'évacuation secondaires (buses, cadre béton) notoirement sous dimensionnés, que l'effort devrait être porté pour améliorer l'ensemble des connections hydrauliques vers l'aval. Cette reprise des ouvrages existants, aménagement de fossés latéraux, voire création de nouveaux franchissements au droit des points bas ; ne peut s'envisager que dans le cadre d'une étude complémentaire du fonctionnement hydraulique aux abords immédiats de la RT accompagnée d'une topographie fine des abords.

ANNEXES

-

Cartographie hydrogéomorphologique

Cartographie qualitative des aléas

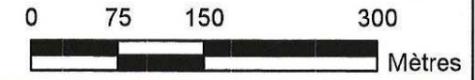


Ministère de l'aménagement et
des relations avec les communes
Cellule de l'urbanisme

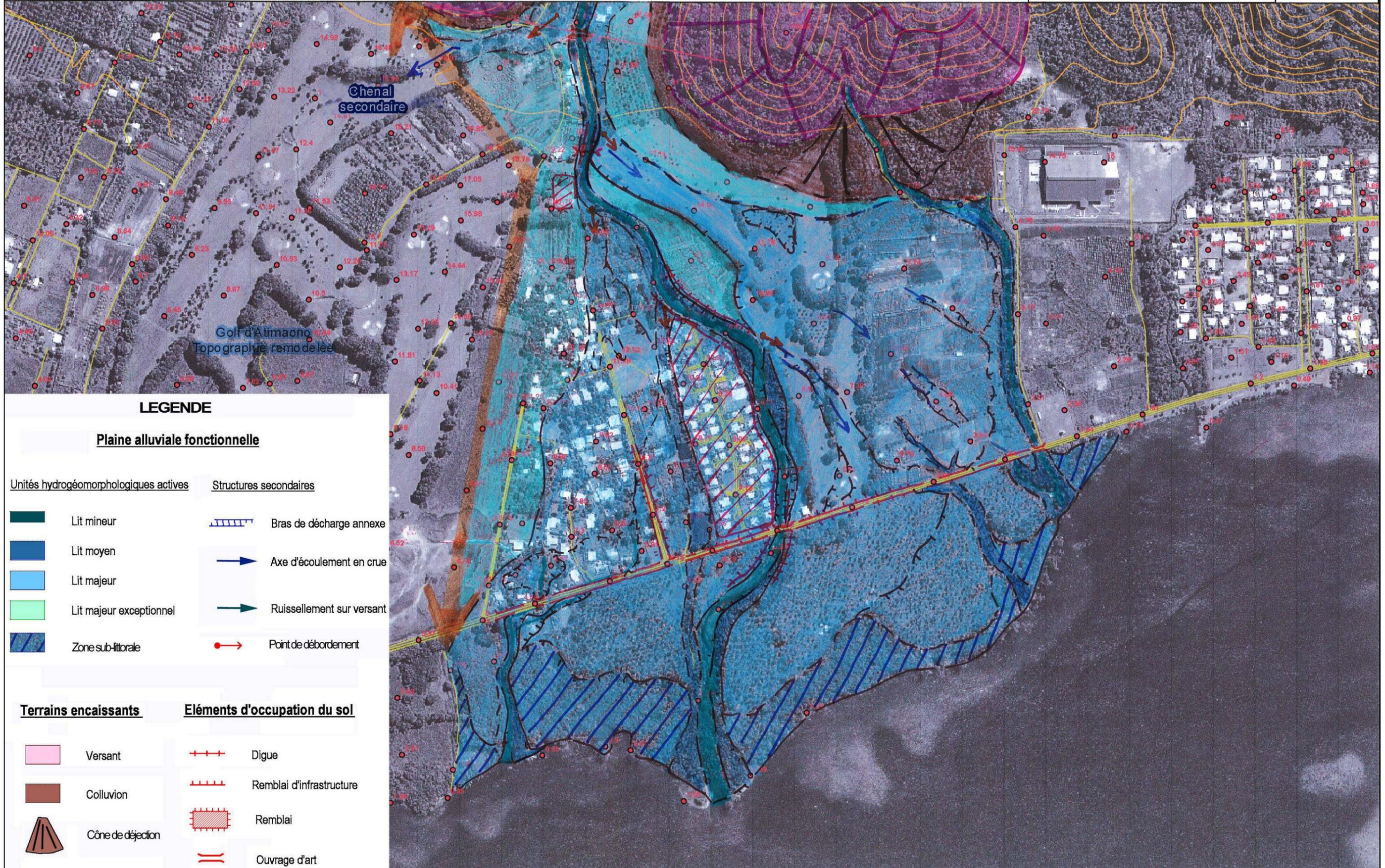
Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables de la rivière Moaroa



Echelle : 1:6 000



SPI INFRA



LEGENDE

Plaine alluviale fonctionnelle

Unités hydrogéomorphologiques actives

- Lit mineur
- Lit moyen
- Lit majeur
- Lit majeur exceptionnel
- Zone sub-littorale

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



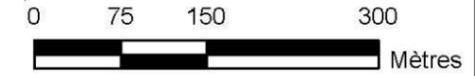
Ministère de l'aménagement et des relations avec les communes
Cellule de l'urbanisme

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

Aleas qualitatifs pour la rivière Moaroa

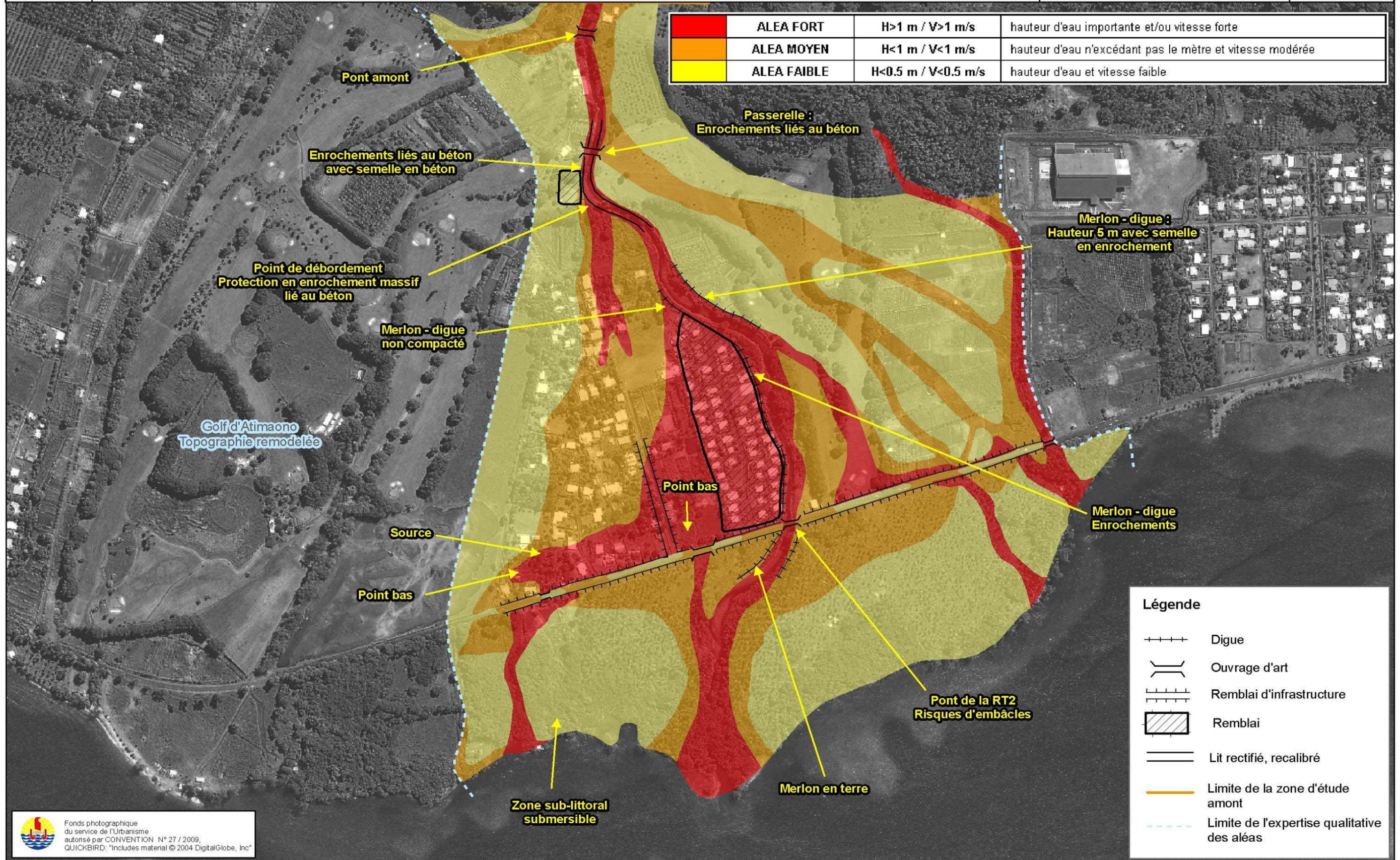


Echelle : 1:6 000



SPL INFRA

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



Légende

- Digue
- Ouvrage d'art
- Remblai d'infrastructure
- Remblai
- Lit rectifié, recalibré
- Limite de la zone d'étude amont
- Limite de l'expertise qualitative des aléas



Fonds photographique du service de l'Urbanisme autorisé par CONVENTION N° 27 / 2009, QUICKBIRD: "Includes material © 2004 DigitalGlobe, Inc"

BIBLIOGRAPHIE

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

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

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.

WOTLING.G, mars 2001, (IRD-GEGDP) Notice technique pour l'évaluation de l'aléa hydrologique à Tahiti