

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

### **RIVIERE TEHAUPARU**



■ ■ ■ ——— *Rapport d'expertise*

## Table des matières

---

<b>1.</b>	<b>ZONE D'EXPERTISE</b> .....	3
1.1.	Présentation des caractéristiques générales du bassin versant .....	3
1.2.	Localisation de la zone d'expertise .....	4
<b>2.</b>	<b>METHODOLOGIE RETENUE</b> .....	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
<b>3.</b>	<b>DONNEES DE L'EXPERTISE PAR TRONÇONS HOMOGENES</b> .....	9
3.1.	Tronçon 1 amont du nouvel ouvrage .....	10
3.2.	Tronçon 2 traversée du village .....	12
3.3.	Tronçon 3 l'estuaire .....	13
<b>4.</b>	<b>CONCLUSION</b> .....	15
4.1.	Evolution de la connaissance de l'aléa .....	15
4.2.	Propositions de mesures d'aménagement .....	15
	<b>ANNEXES</b> .....	16
	<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	19



Le bassin versant de la Tehauparu 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 2000 mm/ans.

Les crues se produisent préférentiellement lors de la saison humide de décembre à mars en corrélation avec des dépressions tropicales ou des épisodes cycloniques. Toutefois, les conditions orographiques particulières de l'île (effet barrière des reliefs sub-littoraux à pente forte), peuvent également favoriser 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 reprobée dans la bibliographie.

## 1.2. Localisation du secteur d'expertise

Le secteur expertisé représente un linéaire d'un peu plus de 600 mètres longeant la Tehauparu situé à l'interface entre le versant et la côte. L'ensemble y compris les abords du cours d'eau est relativement urbanisé, occupé par de l'habitat pavillonnaire assez dense qui se développe sur deux unités géomorphologiques distinctes entre le lotissement de Tepuhapa et la pointe

- le cône de déjection assez massif de la Tehauparu, recoupé par le lit de la rivière dont le cours est déjeté vers l'ouest ;
- une plaine littorale étroite, très déprimée et mal drainée, qui se développe entre les altitudes 2 et 5 m NGP, recoupée à l'aval par le remblai routier de la RT2 qui longe la côte.



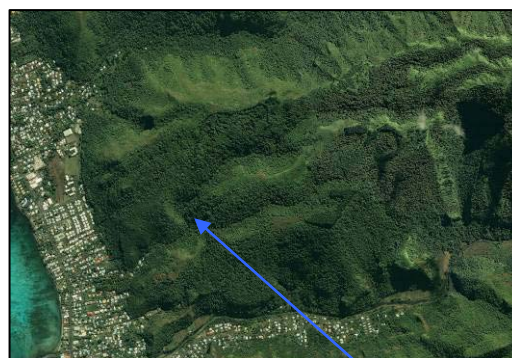
*Secteur d'étude : le débouché de la Tehauparu dans la plaine littorale couronné par son cône de déjection.*

## 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).

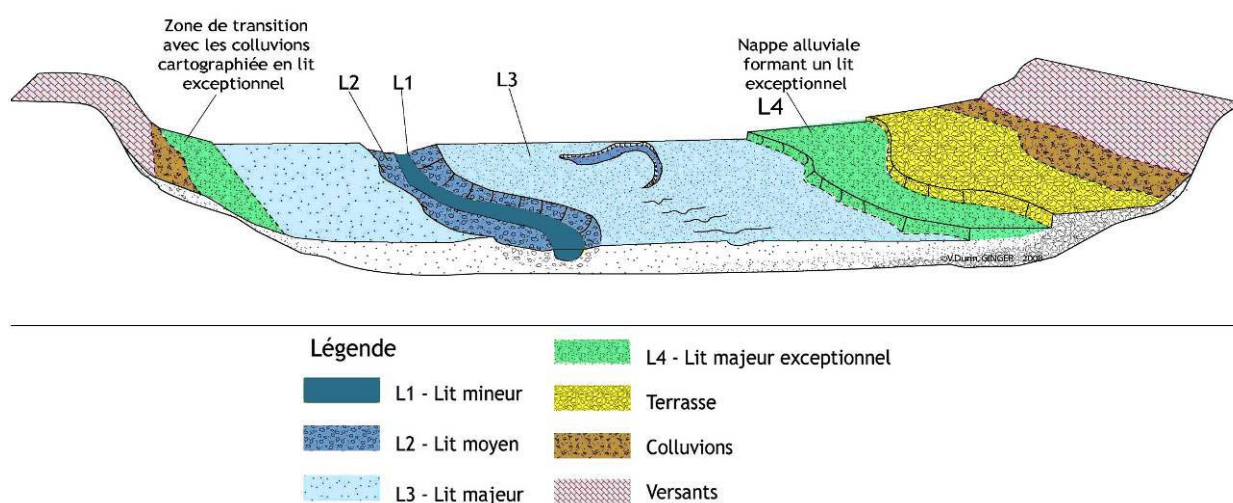
L'analyse hydrogéomorphologique se pratique sur le terrain et par photo-interprétation de clichés aériens. Dans le cas de la Taipivai nous avons travaillé à partir de clichés stéréoscopiques issus d'une image QuickBird haute résolution (0.6 m) de 2004 fournie par le maître d'ouvrage (convention N° 27/2009),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



Vallée de la Tehauparu (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. 1 : 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 :

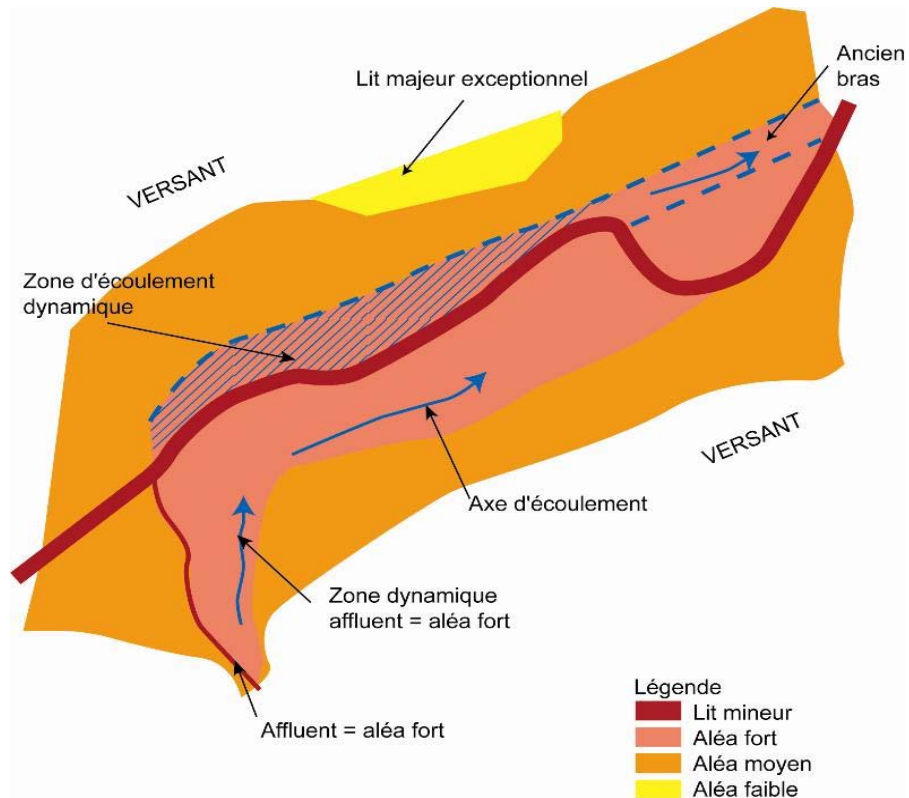


Fig. 2 Transcription des lits hydrogéomorphologiques en termes d'aléa. GINGER- 2004

<b>ALEA FORT</b>	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 <b>de zone de grand écoulement</b> (hauteurs supérieures à 1 m et vitesses élevées).
<b>ALEA MOYEN</b>	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 <b>de zone d'expansion</b> . Mobilisée tout ou partie pour les crues rares les aléas en termes de hauteur et surtout de vitesses y sont plus modérés.
<b>ALEA FAIBLE</b>	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 3 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 1/2000<sup>e</sup>. Leur précision maximale correspond à cette échelle de report.

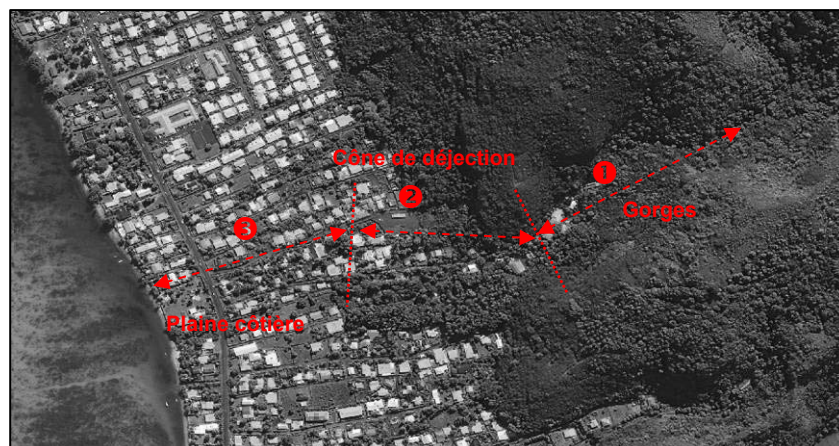


Fig. 3 Localisation des tronçons homogènes.

## Tronçon 1 les gorges amont

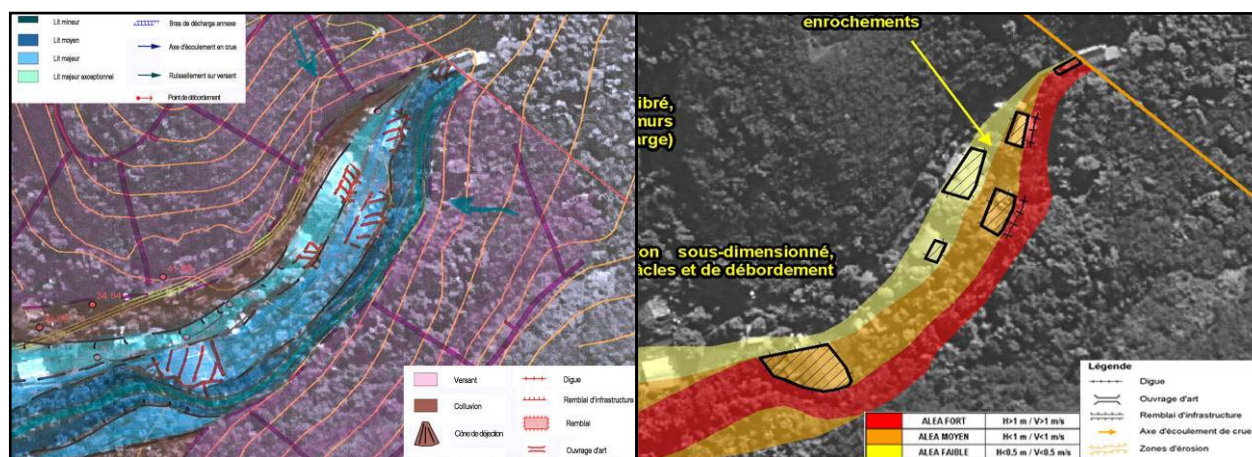


Fig. 4 Tronçon 1 : hydrogéomorphologie et qualification des aléas

Dans ce secteur à l'amont du cône de déjection, la Tehauparu, enserrée par des flancs rocheux, offre une vallée en gorges. Le plancher alluvial étroit et encaissé (25 à 40m de large) conserve des pentes encore très fortes (de l'ordre de 15%).

La bande active du torrent dont le chenal d'écoulement constitué d'un amas de blocs et cailloutis de taille variable occupe l'essentiel du fond de vallon, au-delà, le reste de l'espace alluvial (partie externe du lit majeur et lit majeur exceptionnel) est constitué d'un amas de cailloutis et petits blocs mélangés à des dépôts plus fins limono sableux issus du remaniement de formations d'altération (colluvions) qui empâtent les pieds de versant.

Malgré des conditions peu propices (exiguïté du plancher alluvial, topographie chahutée, dynamique du torrent) un certain nombre d'habitations se sont implantées en fond de vallée (cf.fig 4 ci-dessus). Elles sont toutes construites sur des plates-formes de remblai hétérogène stabilisé par des enrochements



Habitat en remblai dans le lit

Trois d'entre elles sont implantées directement dans la bande active du cours d'eau. L'espace laissé au chenal d'écoulement est réduit à sa plus simple expression (2 à 4 mètres). Partiellement végétalisé, ce dernier recèle une charge solide grossière qui traduit la puissance du cours d'eau avec des vitesses fortes renforcée localement par la présence du bed-rock sous-jacent qui favorise une de accélération des écoulements.

Ces habitations situées de facto dans la zone aléa fort, sont potentiellement très vulnérables soumises à des processus hydrodynamiques de forte intensité malgré la présence d'enrochements qui protègent leur assise.

Les témoignages recueillis auprès des riverains dont la photo ci-contre, prise suite à un évènement cyclonique (probablement ALAN en 1998, sans certitude...), atteste de la vigueur des dynamiques malgré la taille relativement modeste du bassin versant. Dans le cas présent, le phénomène se traduit par un engravement généralisé de la bande active du cours d'eau jusqu'au niveau des habitations qui sont très exposées.



Dégâts aux habitations occasionnés par la Tehauparu suite à un cyclone

## Tronçon 2 le cône de déjection

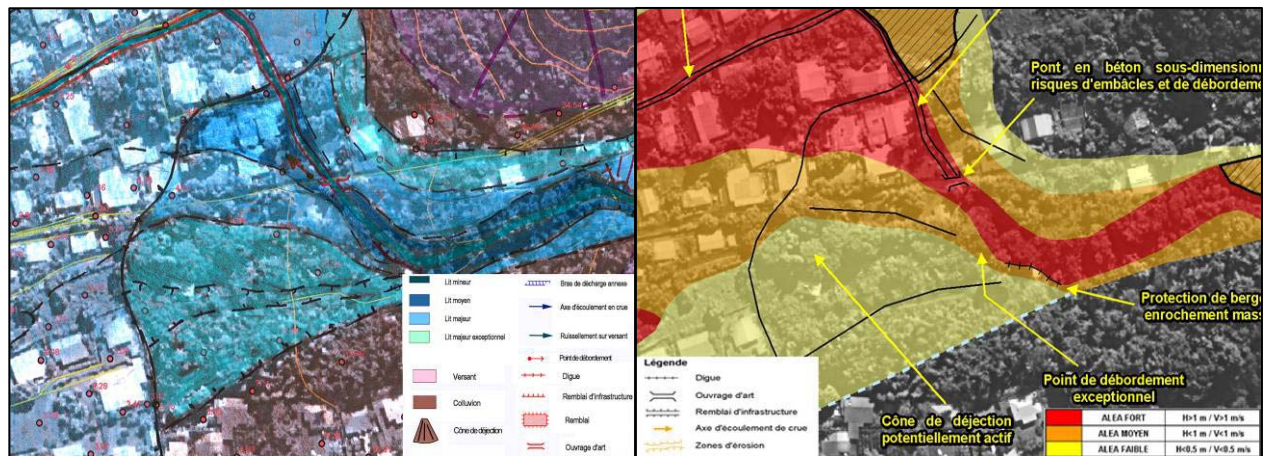


Fig. 5 Tronçon 2 : hydrogéomorphologie et qualification des aléas

En pénétrant dans la plaine côtière proche du niveau de base, la Tehauparu a édifié un vaste cône de déjection de plus de 30 mètres de hauteur constitué d'une accumulation sédimentaire hétérogène avec des matériaux de toute taille et granulométrie (cailloutis, galets et blocs emballés dans une matrice limono sableuse brune).

L'analyse géomorphologique (Cf. carte globale en annexe) montre que seul le flanc ouest de ce dernier, vers lequel et déjeté le lit du torrent semble potentiellement actif.

- En son sein le chenal d'écoulement principal, creusé de 2 à 4 mètres dans les sédiments, décrit un coude guidé par un matelas d'enrochement qui protège l'intrados de méandre. A cet endroit, il est possible qu'à une époque plus ou moins ancienne, avant que le chenal ne soit moins creusé, une partie de ces écoulements aient pu "tirer tout droit" suivant un axe identifié à partir d'un point de débordement en rive gauche. Même si aujourd'hui, il semble peut probable que cette forme soit réactivée car elle est perchée de plusieurs mètres par rapport au fond du lit ; par mesure de précaution, cette zone a été intégrée dans la cartographie et qualifiée d'un aléa faible.
- La partie potentiellement dynamique du cône s'ouvre en éventail en suivant l'axe est-ouest du lit mineur, dont le chenal est artificiellement recalibré sous la forme d'un lit radier béton de 2,5 m de large, bordé par des berges maçonnées de hauteur variable.

Cette section apparaît notablement insuffisante pour évacuer les débits du cours d'eau au-delà d'un évènement de type décennal. Pour une crue d'une fréquence plus importante, les débordements sont généralisés de part et d'autre des berges, ce qu'attestent les travaux de rehaussement ponctuels réalisés par les riverains sur chaque parcelle (cf. photo ci-contre). L'ensemble des franchissements hydrauliques (ponts, ponceaux) qui suivent le gabarit du chenal, sont sous dimensionnés.



Le chenal recalibré

Cette situation conduit à la présence d'un point de débordement en rive gauche au niveau du pont en béton situé à l'amont sur le chemin communal (fig.5). Ces débordements peuvent être accentués par l'engravement du chenal d'écoulement, ou la création d'embâcles qui peuvent obstruer tout ou partie de la section d'écoulement de ces ouvrages. L'ensemble implique le classement en aléa fort des terrains situés en rive gauche à l'aval du pont du chemin communal. Les terrains rive droite topographiquement plus élevés (terrain naturels et /ou remblayés) sont classés en aléa moyen.

### 3.1. Tronçon 3 la plaine côtière

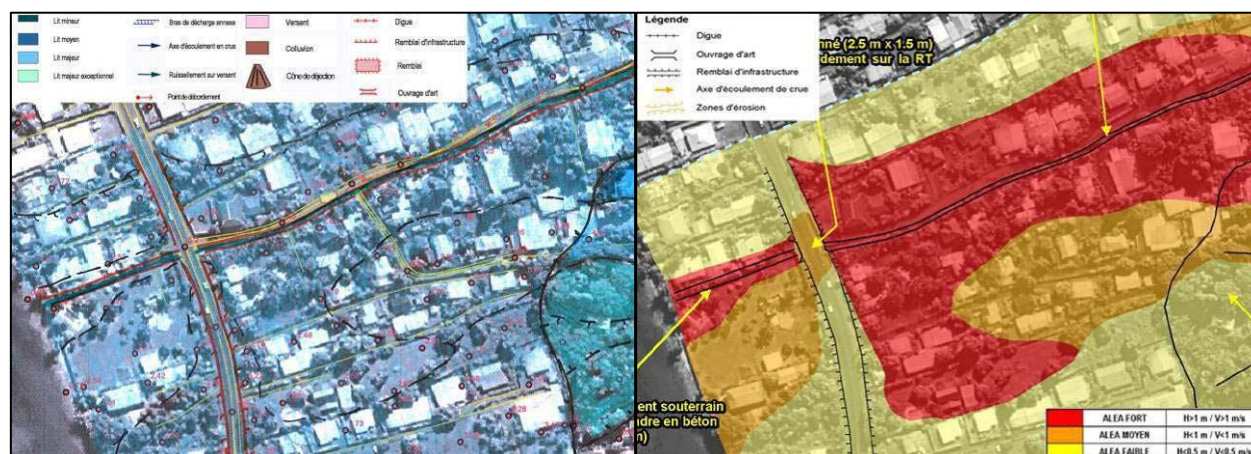
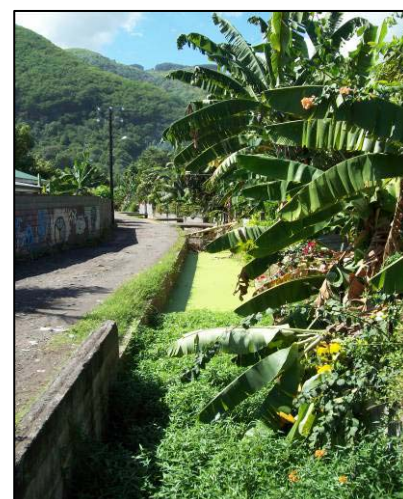


Fig. 6 Tronçon 3 : hydrogéomorphologie et qualification des aléas

En aval du cône dans la plaine côtière, le lit de la Tehaparu vient se connecter à l'un des multiples cours d'eau, alimentés conjointement par les apports de versant, qui drainent le plancher alluvial en suivant les orientations de la pente naturelle qui est faible (1,4%). Ce drainage s'effectue par l'intermédiaire d'un canal bétonné dont les caractéristiques sont sensiblement identiques au gabarit de la section précédente à quelques exceptions près (2.5m L x 1,5 m H). A l'instar des conditions amont, les débordements peuvent être assez fréquents dès les crues moyennes de part et d'autre des berges du cours d'eau qui sont à des altitudes similaires.



Le chenal aval

La présence du remblai transversal de la route de ceinture RT2 qui longe la côte, constitue un obstacle aux écoulements et favorise un phénomène de surstockage à l'amont, aggravé par le fait que l'ouverture de l'ouvrage hydraulique de franchissement de la chaussée est notablement insuffisante pour évacuer les débits de crue. Cette configuration, justifie la forme particulière de la zone d'aléa fort (évasée à l'amont du remblai et décalée vers l'est en suivant la pente naturelle de la dépression topographique). Plus en amont, en rive gauche, la bande d'aléa moyen traduit le phénomène d'étalement des eaux dans la plaine dans la continuité de la zone active du cône de déjection.



*Le pont de la RT2*

En aval, de la route sur les 150 derniers mètres de son parcours avant son débouché dans le lagon, le cours d'eau est canalisé en souterrain. Quand l'ouvrage est en charge lors des fortes crues, une partie des écoulements qui débordent sur la RT2 (aléa moyen) peuvent se déporter préférentiellement en rive gauche submergeant les terrains situés en bordure du littoral.

## **4 CONCLUSION**

### **Evolution de la connaissance de l'aléa**

Par rapport à la cartographie précédente qui relevait également de l'expertise de terrain, l'analyse réalisée en juillet 2009 vient affiner les choses en précisant les limites externes de la zone inondable hydrogéomorphologique sur l'ensemble de la zone. Elle intègre notamment le fonctionnement hydrodynamique du cône de déjection, en faisant apparaître clairement les parties potentiellement actives et les secteurs "hérités" non mobilisables par les crues torrentielles (ce qui n'exclut pas des problématiques de ruissellement surfaciques liées à l'impluvium).

La cartographie produite tranche assez radicalement avec l'analyse physiographique précédente, qui à l'évidence, recelait des erreurs concernant le positionnement du chenal d'écoulement principal à la surface du cône.

La position du chenal déjeté vers l'ouest, nous a amené décaler la zone d'aléa fort dans ce secteur. Par ailleurs, un effet de transition en aléa moyen permet d'intégrer la diminution progressive de l'intensité hydrodynamique à la surface et en périphérie du cône. Enfin, sur la partie aval nous avons réévalué l'effet de surcote lié à la présence du remblai routier de la RT2, en tenant compte de la topographie fournie et des caractéristiques des ouvrages actuels.

### **Propositions de mesures d'aménagement**

Dans cette zone très largement urbanisée sans réserves foncières majeures, et un cours d'eau au chenal artificiel recalibré, peu de mesures d'aménagement sont possibles pour diminuer l'aléa. En terme ponctuel, le point noir marqué par le franchissement hydraulique de la RT2, déjà signalé dans les études précédentes, devra être traité par la réalisation d'un nouvel ouvrage mieux dimensionné.

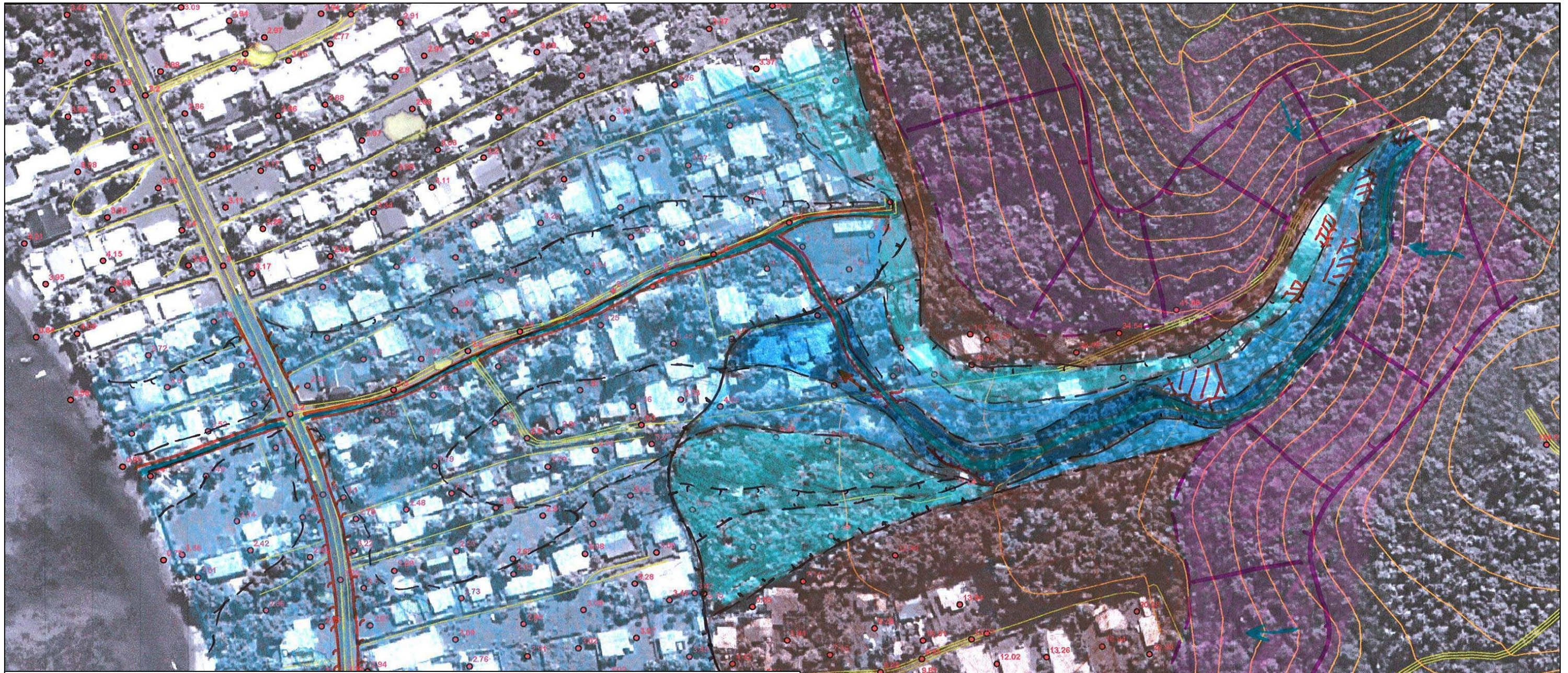
Cet aménagement mériterait d'être intégré dans une étude de définition plus précise de requalification des capacités d'écoulement en aval de la route, en ce posant la question de la réouverture de la section souterraine qui est également limitante ; ou, de son couplage avec la création d'un nouveau chenal de dérivation et d'évacuation à l'air libre en rive gauche.

## **ANNEXES**

-

**Cartographie hydrogéomorphologique**

**Cartographie qualitative des aléas**







**LEGENDE**

**Plaine alluviale fonctionnelle**



Unités hydrogéomorphologiques actives

-  Lit mineur
-  Lit moyen
-  Lit majeur
-  Lit majeur exceptionnel
-  Cordon littoral





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

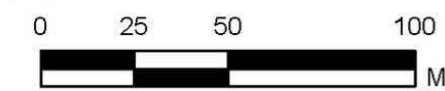
**Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables  
de la rivière Tehauparu**



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



Echelle : 1:2 000



Mètres



SPI INFRA





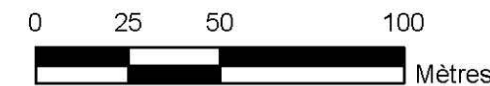
Ministère de l'aménagement et des relations avec les communautés  
Cité de Témiscouma

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

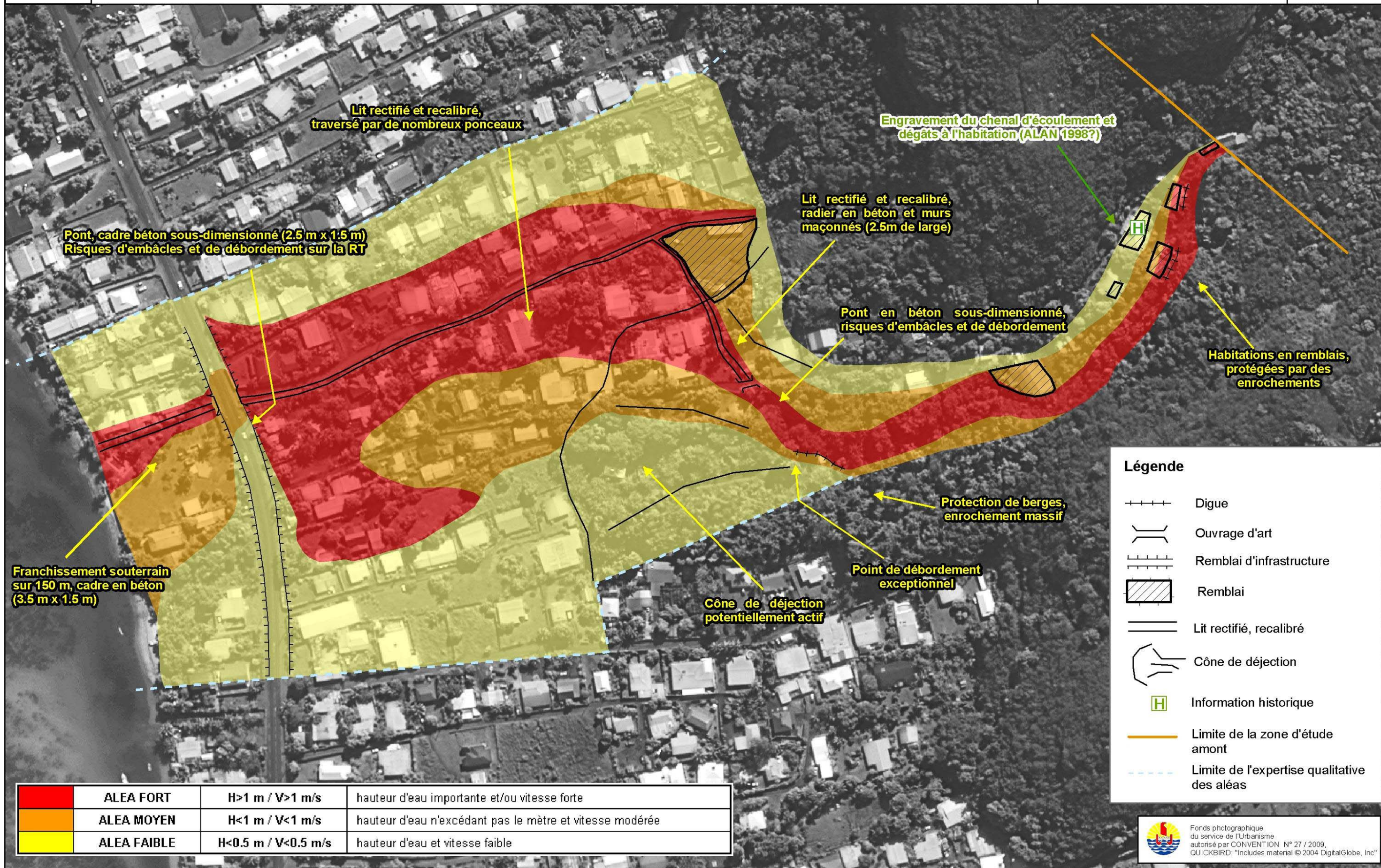
## Aleas qualitatifs pour la rivière Tehauparu



Echelle : 1:2 000



SPI INFRA



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



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.

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