



Précision cartographique de l'aléa de mouvements de terrain des zones à enjeux d'urbanisation sur la côte Est de Tahiti - Phase 1

Rapport de fin de Phase 1

197115_REP01_DCA22 02 | 1 Avril 2022

Rapport technique

Direction de la Construction et de l'Aménagement en Polynésie française



Document

Informations

Titre du projet	Précision cartographique de l'aléa de mouvements de terrain des zones à enjeux d'urbanisation sur la côte Est de Tahiti
Titre du document	Rapport de fin de Phase 1
No. de projet Fugro	197115
No. de document Fugro	197115_REP01_DCA22
Numéro de version	02
Statut	Rapport technique
Entité légale Fugro	Fugro France SAS
Adresse	115 avenue de la Capelado – 34160 CASTRIES, FRANCE

Informations client

Client	Direction de la Construction et de l'Aménagement en Polynésie française
Adresse client	11 rue du Commandant Destremau, Centre administratif A1, B.P. 866 – 98713, PAPEETE
Contact client	Madame Rauhere GERST, Référent C.E.C.A., chargée de la prévention des risques naturels Madame Dominique TARDY, Référent C.E.C.A., chargée de la prévention des risques naturels
No. de document client	[Client Document No.]

Historique du document

Version	Date	Statut	Commentaire	Préparé par	Vérfié par	Approuvé par
01	01/04/2022		En attente des commentaires client	LBA/CDU/FRO/AFI	FRO	CDU
02			Prise en compte des commentaires client	LBA/CDU/FRO/AFI	FRO	CDU

Equipe impliquée sur le projet

Initiales	Nom	Rôle
CDU	Cédric Duvail	Géologue - Chef de projet
LBA	Lucie Baudouy	Géologue - Chargée d'affaire
FRO	Frédéric Rossi	Géologue
AFI	Anna Fioravanti	Géomaticienne

Sommaire

1. Introduction	1
2. Données recueillies et synthèse bibliographique	2
2.1 Données recueillies	2
2.2 Synthèse bibliographique	4
2.2.1 Synthèse morphologique	5
2.2.2 Synthèse hydrologique	7
2.2.3 Synthèse géologique	10
2.2.4 Synthèse géotechnique	17
2.2.5 Synthèse pédologique	19
2.3 Evènements historiques recensés à ce jour	21
2.3.1 PK40 – Indice de fluage reptation	21
2.3.2 PK43 – Cascade temporaire	21
2.3.3 PK45 – Glissement de terrain côtier au-dessus de la RT1	22
2.3.4 PK47 – Eboulements	22
2.3.5 PK50 – Glissement de terrain en février 2011	22
2.4 Observations complémentaires réalisées par les agents de la DCA	26
3. Zonage existant	28
3.1 Cartographie initiale (BRGM, 2006)	28
3.2 Mises à jour ponctuelles par la DCA	31
4. Méthodologie de la cartographie de l'aléa	32
4.1 Classification des mouvements de terrain	32
4.2 Définition de l'aléa et grille de qualification	33
4.3 Méthodologie mise en place sur le terrain	35
4.4 Exemple de fiche analytique	36
5. Présélection des zones de contrôle	39
5.1 Méthodologie de sélection des zones	39
5.1.1 Identification des zones mises à jour par la DCA	39
5.1.2 Identification des zones à contrôler	41
5.2 Zones de contrôle sur le terrain	45
6. Déroulement des investigations de phase 2	47

Liste des Figures

Figure 2.1: Carte géomorphologique au 1:150 000 de Tahiti (ORSTOM, 1993)	6
Figure 2.2: Cartographie des pentes au niveau de la zone d'étude	8
Figure 2.3: Isohyètes des précipitations moyennes annuelles de l'île de Tahiti (Lafforgue, 1993 - Atlas de la Polynésie française)	9
Figure 2.4: Carte géologique au 1:150 000 de Tahiti (ORSTOM, 1993)	12
Figure 2.5: Carte géologique et coupes schématiques de l'île de Tahiti Nui d'après Hildenbrand et al. (2004)	13
Figure 2.6: Carte géologique au 1:40 000 centrée sur la zone d'investigation (BRGM, 1965)	14
Figure 2.7: Cartographie des sols au 1:40 000 de Tahiti (ORSTOM, 1990)	20
Figure 2.8: Légende de la cartographie des sols au 1:40 000 de Tahiti (ORSTOM, 1990)	21
Figure 2.9 : Localisation des évènements de mouvement de terrain majeurs répertoriés sur la zone d'étude	24
Figure 2.10 : Illustration de la cascade temporaire sur le site du PK43 (Prise de vue du 05/01/2022). Source DCA	25
Figure 2.11 : Illustration du glissement de terrain intervenu au PK50 en février 2011	25
Figure 2.12 : Localisation des visites de terrain effectuées par les agents de la DCA	27
Figure 3.1: Configuration des zonages de l'aléa glissement de terrain sur Tahiti (BRGM/RP-51226-FR, 2001)	29
Figure 4.1: Principaux mouvements de terrain observés en Polynésie française	33
Figure 4.2: Fiche analytique type (1/2)	37
Figure 4.3: Fiche analytique type (2/2)	38
Figure 5.1: Identification des secteurs, de la cartographie de l'aléa mouvement de terrain établie par le BRGM (2006), mise à jour par la DCA	40
Figure 5.2: Définition de la zone d'extension des pentes $\geq 20^\circ$ étendue de 25 m (zone de réception)	42
Figure 5.3: Identification des zones potentielles d'incohérence le long du tracé du contour de la zone d'aléa fort et localisation des zones présentant des particularités à contrôler sur le terrain (commune de Hitiaa et Nord Faaone)	43
Figure 5.4: Identification des zones potentielles d'incohérence le long du tracé du contour de la zone d'aléa fort et localisation des zones présentant des particularités à contrôler sur le terrain (commune de Faaone)	44
Figure 5.5: Identification des zones de contrôle sur le terrain	46
Figure 6.1: Planning prévisionnel d'intervention sur le terrain	47

Liste des Tables

Table 2.1: Liste des références bibliographiques consultées dans le cadre de cette étude	2
Table 2.2: Liste complète des données SIG envoyées par la DCA	4
Table 2.3: Classification lithologique du mamu usuellement admise en Polynésie (BRGM/RP-54835-FR, 2006)	16
Table 2.4: Caractéristiques moyennes synthétiques des mamus (BRGM/RP-54835-FR, 2006)	18
Table 4.1: Grille de qualification des glissements de terrain	34
Table 4.2: Grille de qualification des éboulements et chutes de blocs	34
Table 4.3: Signification des intensités d'aléa pour les trois critères considérés	35

1. Introduction

Le territoire polynésien dispose d'une cartographie des Plans de Prévention des Risques naturels (PPR) depuis 2006 couvrant la quasi-totalité du territoire grâce au programme ARAI issu d'une convention tripartite Etat-BRGM-Pays. Dans ce cadre, un zonage de l'aléa mouvements de terrain a été réalisé et intégré dans les cartographies des PPR utilisés comme outil d'aide à la décision. Cette cartographie a été établie à grande échelle, au 1/10 000ème dans les zones urbanisées et au 1/25 000ème dans les zones naturelles. Elle est basée principalement sur les données à disposition (photographies satellite, MNT...) et très peu sur des données de terrain.

Dans ce contexte, la Polynésie française, pour le compte de la Direction de la Construction et de l'Aménagement (ci-après désigné par le sigle « DCA »), a commandé une étude permettant de préciser à une échelle plus fine la cartographie de l'aléa de mouvements de terrain au droit des secteurs urbanisés et urbanisables (plaines, plateaux, fronts de planèzes, pieds des flancs de vallées) de la côte Est de l'île de Tahiti. En effet certains secteurs montrent une surestimation ou une sous-estimation du niveau d'aléa vis-à-vis de la réalité de terrain.

Le secteur d'investigation couvert dans la présente étude concerne les communes associées de Hitiaa et Faaone. La zone d'investigation a été préalablement définie par la DCA. Cette zone concerne uniquement les secteurs localisés à moins de 100 m d'altitude et localement étendus à 160 m (notamment dans la partie Nord). Les vallées profondes de Mahateaho et Faatautia (sur la commune de Hitiaa) et de Papeiha, Utuofai et Mapuaura (sur la commune de Faaone) ont également été exclues de la zone à investiguer car peu urbanisées et difficilement accessibles. En façade maritime, la zone d'investigation est limitée par la limite communale.

Le présent rapport correspond au premier livrable associé à cette étude. Il a pour objectif de rappeler le contexte de l'étude, de présenter une synthèse de la bibliographie avec présentation et caractérisations des secteurs d'étude, d'exposer la méthodologie de cartographie de l'aléa mise en œuvre et de présenter le modèle de fiche analytique qui sera utilisé lors de la phase de restitution de terrain. Ce rapport intervient 4 à 5 semaines après le début du projet (1^{er} Mars 2022) et une semaine avant le démarrage de la phase d'investigations de terrain. Cette semaine permet une relecture pour validation de la DCA.

2. Données recueillies et synthèse bibliographique

2.1 Données recueillies

Un ensemble de données a été recueilli dans le cadre de cette étude. Ces données ont été soit rassemblées par Fugro soit fournies par la DCA en début d'étude.

On distingue deux types de données :

- Les données bibliographiques (publications, rapports d'étude, cartographies.....) - Table 2.1;
- Les données SIG (Système d'Information Géographique) - Table 2.2.

Table 2.1: Liste des références bibliographiques consultées dans le cadre de cette étude

Besson L., Durville J.-L., Garry G., Grasz E., Hubert T. et Toulemont M. (1999) Plans de prévention des risques naturels (PPR) – Risques de mouvements de terrain – Guide méthodologique. La documentation française. 71 p.
BRGM – Kit pédagogique sur les risques naturels en Polynésie française (2013) Livret de l'enseignant.
Carte géologique à l'échelle du 1 :40 000 et notice explicative pour l'île de Tahiti (1965) Deneufbourg G. – BRGM.
Dewez T., Kobayashi H., Mathon C. et Nachbaur A. (2010) Programme ARAI 2. OFAI, expérience de lâchers de blocs en Polynésie française pour calibrer les modèles de trajectographie en contexte volcanique tropical. Rapport final. BRGM/RP-58724-FR.
Dewez T., Nachbaur A. et Sedan O. (2010) Programme ARAI II. Erodibilité des talus de Polynésie française : analyse morphologique 2D et 3D par reconstitution stéréo-photogrammétrique. Rapport final. BRGM/RP-58965-FR.
Highland L.M. and Bobrowsky P. (2008) The landslide handbook – a guide to understanding landslides: Reston Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 129p.
Hildenbrand A., Gillot P.-Y. et Le Roy I. (2004) Volcano-tectonic and geochemical evolution of an oceanic intra-plate volcano: Tahiti-Nui (French Polynesia). Earth and Planetary Science Letters 217, 349-365.
Hildenbrand A., Gillot P.-Y. et Marlin C. (2008) Geomorphological study of long-term erosion on a tropical volcanic ocean island: Tahiti-Nui (French Polynesia). Geomorphology 93, 460-481.
Jamet (1987) Les sols et leurs aptitudes culturales et forestières – Tahiti (Polynésie française). Carte à 1 : 40 000 et notice explicative N°107.
La géologie des îles hautes (1993) Atlas de la Polynésie française. Edition de l'Orstom, Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération.
Lambert J. (2004) Programme ARAI. Relevé de phénomènes naturels en Polynésie française (1831-2003). Etude documentaire. BRGM/RP-52867-FR
Lembezat C., Mompelat J.M. et Wong-Fat S. (2003) Programme ARAI – Rapport d'avancement à fin 2003, au terme de la 1ère année d'activité. BRGM/RP-52929-FR
Leroi E., Sedan O., Mirgon C., Chassagneux D. (2000) La prévention des risques naturels en Polynésie Française. Phase 2. Synthèse des travaux réalisés en 1999. BRGM/RP-50134-FR
Leroi E., Lembezat C., Sedan O. et Vincent M. (2001) La prévention des risques naturels en Polynésie française : cartographie de l'aléa mouvements de terrain sur les îles de Tahiti et Moorea. BRGM/RP-51226-FR

Nachbaur A., Stollsteiner P., Mompelat JM. et Sedan O. (2015) Plan de prévention des risques naturels de la commune de Punaauia (Polynésie française). Appui technique et méthodologique. Rapport final. BRGM/RP-64947-FR
Nédellec J.L. et Mathon C. (2006) Programme ARAI – Programme 3.1 – Cartographie de l'aléa mouvements de terrain – Etude de sites détaillés – Rapport final. BRGM/RP-54834-FR
Nédellec J.-L. et Mathon C. (2006) Programme ARAI – Programme 3.1 – Cartographie de l'aléa mouvements de terrain – Caractérisation géotechnique des altérites volcaniques (« mamu ») – Rapport final. BRGM/RP-54835-FR
Plan de prévention des risques – Commune de Hitiaa O Te Ra – Rapport de présentation – Rapport provisoire (2006) 22_PPR_P05-xx_VP1.
Plan de prévention des risques – Commune de Hitiaa O Te Ra – Note méthodologique de réalisation des cartes – Rapport provisoire (2006) 22_PPR_P05-xx_VP1.
Règlement provisoire de PPR de la commune de Tairapu Est.
Plan de prévention des risques – Commune de Hitiaa O Te Ra – Rapport de présentation – Rapport provisoire (2006) 22_PPR_P05-xx_VP1.
Plan de prévention des risques – Commune de Hitiaa O Te Ra – Note méthodologique de réalisation des cartes – Rapport provisoire (2006) 22_PPR_P05-xx_VP1.
Plan de prévention des risques naturels – Commune de Punaauia (Octobre 2015) Rapport de présentation du PPR de Punaauia, document provisoire.
Règlement provisoire de PPR de la commune de Hitiaa O Te Ra.
Sedan O., Mathon M., Nachbaur A. et Nowak E. (2013) Programme ARAI 3. Précision de l'aléa glissement de terrain sur l'île de Tahaa par une approche probabiliste (ALICE). Rapport final. BRGM/RP-60772-FR.
Terrier M. et Sedan-Miegemolle O. (2009) Cartographie de l'aléa mouvements de terrain, commune de Tairapu Ouest (Tahiti, Polynésie française). Rapport BRGM/RP-57364-FR.

Table 2.2: Liste complète des données SIG envoyées par la DCA

Repertoire	Nom	Format	Contenu
Avis PPR lot 2	Notes_terrain_LOT2.shp	Shapefile	Couche ponctuelle contenant la localisation de 60 contrôles et enquêtes terrain et lien vers les notes de travail avec 27 Rapports pdf
BD MVT lot 2	BD_MVT_lot2_GDB.shp	Shapefile	Localisation (Point) des événements de mouvement de terrain recensés en Polynésie
Cadastre_LOT_2	Cadastre_LOT_2.shp	Shapefile	Parcelles cadastrales
Carto à jour DCA 2022	Alea_MVT_2022.shp	Shapefile	zonage du PPR (polygones) de l'aléa mouvement de terrain Carto à jour DCA 2022
Carto initiale BRGM 2006	Alea_MVT_lot2_2009.shp	Shapefile	zonage du PPR (polygones) de l'aléa mouvement de terrain Carto initiale BRGM 2006
Données SIG	Bati_LOT2.shp	Shapefile	BDTopo IGN couche bâti
Données SIG	Limites_communes.shp	Shapefile	BDTopo limites communales
Données SIG	MNT_IDV_THT_2015_0.tif	Raster	MNT LIDAR 1 mètre Zone Urbaine de Tahiti datant de 2015
Données SIG	PK_Tahiti.shp	Shapefile	Couche ponctuelle contenant la localisation des points kilométriques de l'île
Enveloppe_zone_etude_LOT 2	Enveloppe_zone_etude_LOT2.shp	Shapefile	Zone d'étude LOT 2
Topo 5000 Hitiaa Faaone	Topo_5000_Tahiti_F5_VIRIVIRITERAI.tif	Raster	Carte Topo au 1:5000 Tahiti Feuille F5 VIRIVIRITERAI
Topo 5000 Hitiaa Faaone	Topo_5000_Tahiti_F6_PUNUI.tif	Raster	Carte Topo au 1:5000 Tahiti Feuille F6 PUNUI
Topo 5000 Hitiaa Faaone	Topo_5000_Tahiti_G4_TAHAU TE.tif	Raster	Carte Topo au 1:5000 Tahiti Feuille G4 TAHAUTE
Topo 5000 Hitiaa Faaone	Topo_5000_Tahiti_G5_FAATAUTIA.tif	Raster	Carte Topo au 1:5000 Tahiti Feuille G5 FAATAUTIA
Topo 5000 Hitiaa Faaone	Topo_5000_Tahiti_G6_MAPUAURA.tif	Raster	Carte Topo au 1:5000 Tahiti Feuille G6 MAPUAURA
Topo 5000 Hitiaa Faaone	Topo_5000_Tahiti_G7_AFEU.tif	Raster	Carte Topo au 1:5000 Tahiti Feuille G7 AFEU
Topo 5000 Hitiaa Faaone	Topo_5000_Tahiti_H3_MAHAE NA.tif	Raster	Carte Topo au 1:5000 Tahiti Feuille H3 MAHAENA
Topo 5000 Hitiaa Faaone	Topo_5000_Tahiti_H4_HITIAA.tif	Raster	Carte Topo au 1:5000 Tahiti Feuille H4 HITIAA
Topo 5000 Hitiaa Faaone	Topo_5000_Tahiti_H5_VAIIHA.tif	Raster	Carte Topo au 1:5000 Tahiti Feuille H5 VAIHA
Topo 5000 Hitiaa Faaone	Topo_5000_Tahiti_H6_FAAONE.tif	Raster	Carte Topo au 1:5000 Tahiti Feuille H6 FAAONE
Topo 5000 Hitiaa Faaone	Topo_5000_Tahiti_H7_TARAVAO.tif	Raster	Carte Topo au 1:5000 Tahiti Feuille H7 TARAVAO
Tronçons routes et bâti 10.03.2022	Bati_LOT2_10.03.shp	Shapefile	BDTopo IGN couche bâti dernière version
Tronçons routes et bâti 10.03.2022	Tronçons_routes_LOT2.shp	Shapefile	BDTopo IGN couche Tronçons routes
Images_Sat	MOS_IDV_THT_1981_0.tif	Raster	Image satellite de 1981
Images_Sat	MOS_IDV_THT_2007_0.ecw	Raster	Image satellite de 2007
Images_Sat	MOS_IDV_THT_2020_0.ecw	Raster	Image satellite de 2020
Images_Sat	MOS_IDV_THT_2017_0.ecw	Raster	Image satellite de 2017
Images_Sat	MOS_IDV_THT_2015_0.ecw	Raster	Image satellite de 2015
Images_Sat	MOS_IDV_THT_2014_0.ecw	Raster	Image satellite de 2014
Images_Sat	MOS_IDV_THT_2013_0.ecw	Raster	Image satellite de 2013
Images_Sat	MOS_IDV_THT_2011_0.ecw	Raster	Image satellite de 2011
Images_Sat	MOS_IDV_THT_2010_0.ecw	Raster	Image satellite de 2010

2.2 Synthèse bibliographique

Cette partie a pour objectif de fournir une synthèse des connaissances en matière de morphologie, hydrologie, géologie, géotechnique et pédologie de la zone d'étude. L'Atlas de la Polynésie française paru en 1993 par l'Orstom constitue un ouvrage complet qui regroupe l'ensemble des thématiques abordées dans les sections suivantes. Il est donc utilisé comme source principale pour cette synthèse bibliographique.

2.2.1 Synthèse morphologique

L'île de Tahiti fait partie des îles dites « hautes » de l'archipel de la Société. Ces îles ont une origine volcanique et se caractérisent par des reliefs très escarpés (entourés d'atolls plus ou moins développés). Outre la bande côtière étroite qui encercle l'île et qui se caractérise par des pentes faibles, la majorité de l'île est composée de pentes de plus de 50 % qui bordent de grandes vallées qui pénètrent en couloirs étroits jusqu'au centre de l'île.

Afin d'assurer une homogénéité avec les PPR existants, la terminologie utilisée pour la description morphologique de la zone d'étude se base sur les principales entités géomorphologiques mentionnées dans les PPR des communes de Tairapu Est (dont la commune associée de Faaone) et de Hitiaa O Te Ra (dont la commune associée de Hitiaa). Ces entités permettent de dresser une image globale des différentes morphologies rencontrées sur les deux communes investiguées. A noter que la terminologie utilisée dans les PPR diffère légèrement de celle mentionnée sur la carte géomorphologique (Figure 2.1) parue dans l'Atlas de la Polynésie française (1993).

Parmi ces entités, on retrouve :

- Les planèzes : elles représentent les pentes originelles des différents volcans boucliers qui se sont succédé à Tahiti. Elles correspondent à des portions planes faiblement inclinées vers la mer (pentes de 5 à 10°), d'au moins quelques km², au-dessus d'un empilement de coulées de lave métriques.
On distingue les planèzes constituées de roche saine de celles présentant un certain degré d'altération. Les instabilités y sont quasiment inexistantes. L'aléa mouvements de terrain y est généralement faible à localement moyen.
- Les versants qui sont regroupés sous trois entités distinctes en fonction de leur nature, de leur morphologie et de leur situation :
 - Les versants secondaires : caractérisés par de faibles hauteurs (< 100 m) et des pentes plus ou moins fortes (de 15° à 25° en moyenne), ils se développent de part et d'autre d'axes d'écoulement au sein des planèzes. On distingue les versants secondaires rocheux, les versants secondaires « mamutisés » de faible extension (hauteur inférieure à 30 mètres) et de plus grande extension (hauteur entre 50 et 100 mètres). Les indices de mouvements de terrain sont peu nombreux. L'aléa mouvements de terrain est généralement faible à modéré.
 - Les versants principaux : caractérisés par une hauteur de 100 à quelques centaines de mètres, ils forment les bords de planèze de part et d'autre des cours d'eau principaux. On distingue les versants rocheux à pentes modérées à fortes (35° à 45° en moyenne), les versants mamutisés à pentes modérées, les versants composites de nature brèchique (ou présentant des plaquages volumineux de matériaux brèchiques) et les versants de type « Trachyte » ou « Phonolite » (avec des formations rocheuses armant les sommets et reposant sur du *mamu*). Des indices

de mouvements de terrain ou d'instabilités sont répertoriés. L'aléa est en général moyen à fort.

- Les grands versants : sont des versants de plusieurs centaines de mètres de haut, de pente forte (supérieure à 50°) et de toutes natures. L'aléa mouvements de terrain y est généralement élevé.
- Les fronts de planèze : ils forment la transition entre la plaine côtière et les planèzes. En fonction de la pluviométrie moyenne, on distingue les fronts à dominante rocheuse (principalement sur la côte ouest de Tahiti Nui) et des fronts altérés (plus communément observés sur la côte Est de Tahiti Nui et aux environs de la presqu'île). L'aléa mouvements de terrain y est moyen à élevé, selon la morphologie et la nature des terrains.
- Les plateaux : représentent des zones plus ou moins planes en altitude qui ne correspondent pas à des planèzes. Il existe des plateaux étendus comme par exemple les parties sommitales des dépôts de brèches sédimentaires, des plateaux intra-caldeira résultant du remplissage en pied de zone d'effondrement, des plateaux de sommet tabulaires d'intrusions diverses et des plateaux relictuels au sein de versants. L'aléa y est généralement faible.

Il est à noter que la présence de colluvions entraîne la délimitation de zones spécifiques indépendamment du type d'entité considéré.

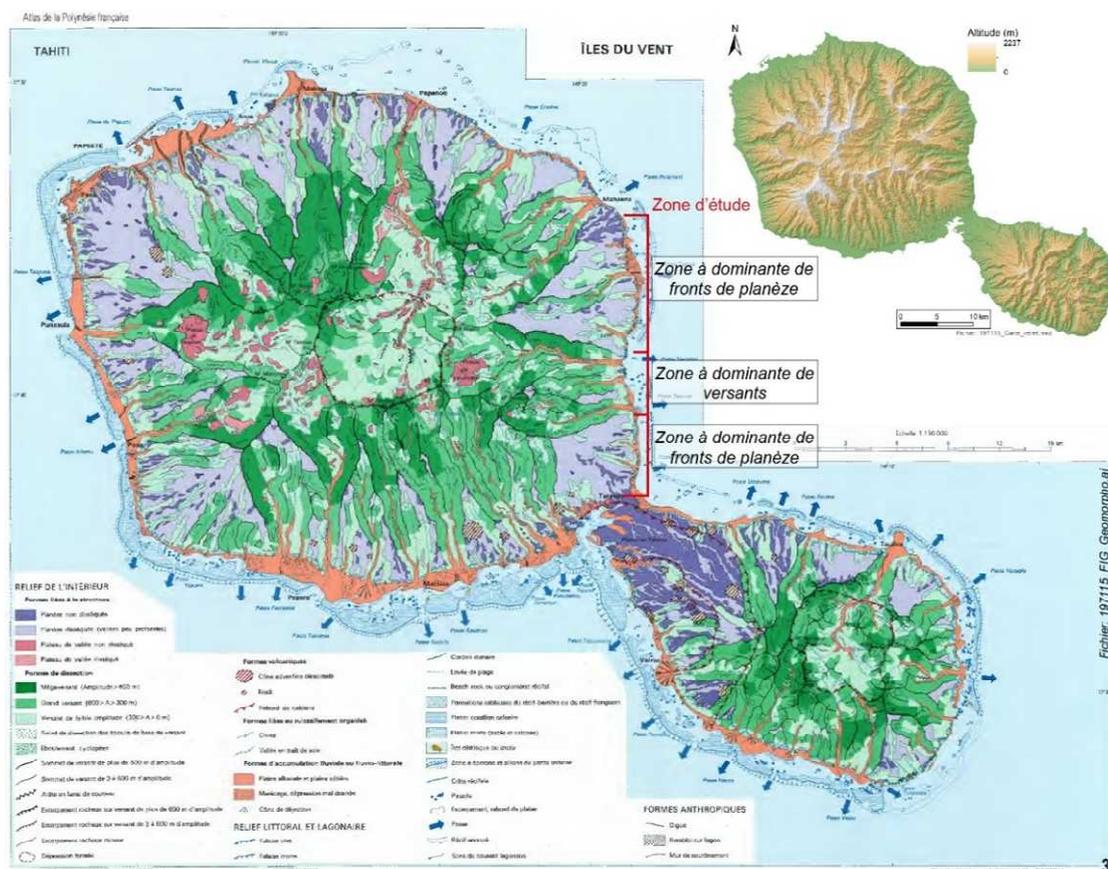


Figure 2.1: Carte géomorphologique au 1:150 000 de Tahiti (ORSTOM, 1993) La carte du relief (en haut à droite) est générée à partir du MNT 5m

Les zones de plateaux et de sommets de planèzes ne sont pas représentées au niveau de la zone d'investigation définie pour cette étude. Seules des zones de fronts de planèze, de versants et de colluvions sont représentées. La configuration en fronts de planèze concerne la partie Nord et Sud de la zone d'investigation (notamment associées aux planèzes de Hitiaa et Afaahiti) alors que la partie centrale correspond plus à une configuration de versants notamment en bordure des vallées de Papeiha, Utuofai et Mapuaura. Des zones de colluvions sont anticipées en fond de vallées et en zone côtière. La zone côtière est cependant généralement assez réduite au pied des fronts de planèze souvent très abrupts. Seules les zones de plaines alluviales aux embouchures des rivières majeures et la zone de l'isthme de Taravao présentent une plaine côtière élargie.

La cartographie des pentes générée à partir du MNT 5m (Figure 2.2) met en évidence les zones de planèze (pentes faibles) et les zones de versants caractérisées par des pentes fortes. La zone d'étude étant principalement limitée à la bande côtière (secteurs localisés à moins de 100 m d'altitude et localement étendus à 160 m, notamment dans la partie Nord), les pentes les plus extrêmes ($> 70^\circ$) en sont globalement exclues.

2.2.2 Synthèse hydrologique

La Polynésie française est soumise à un climat tropical de type maritime humide où l'apport en eau sur les terres émergées est essentiellement, voir totalement, d'origine atmosphérique. On y distingue deux saisons soumises notamment au régime des alizés d'Est/Nord-Est : une saison humide aux températures élevées accompagnées d'importantes précipitations (cette saison, de Novembre à Avril, est plus marquée sur la côte Est, dite « au vent » en opposition avec la côte Ouest « sous le vent ») ; une saison « sèche » ou « fraîche » où la température moyenne descend et l'humidité est moindre. En altitude, le cumul annuel de pluie peut dépasser 10 000 mm d'eau, ou 10 000 l/m². Sur la côte Est de l'île de Tahiti, la pluviométrie annuelle s'établit plutôt entre 3 500 à 4 000 mm et n'excède généralement pas les 2 500 mm d'eau pour la côte Ouest (Figure 2.3).

Les fortes précipitations induites par le climat tropical de l'île induisent une action érosive intense à l'origine d'un réseau hydrographique très dense composé de rivières et de ruisseaux. Hildenbrand et al. (2008) mentionne que le taux d'érosion au niveau des rivières et bassins versants est principalement régi par l'âge des unités incisées, plus que par les variations de pluviométrie au niveau de l'île. Un taux d'érosion compris entre 10^{-3} km³/kyr et 0.25 km³/kyr est avancé par les auteurs pour le dernier million d'années.

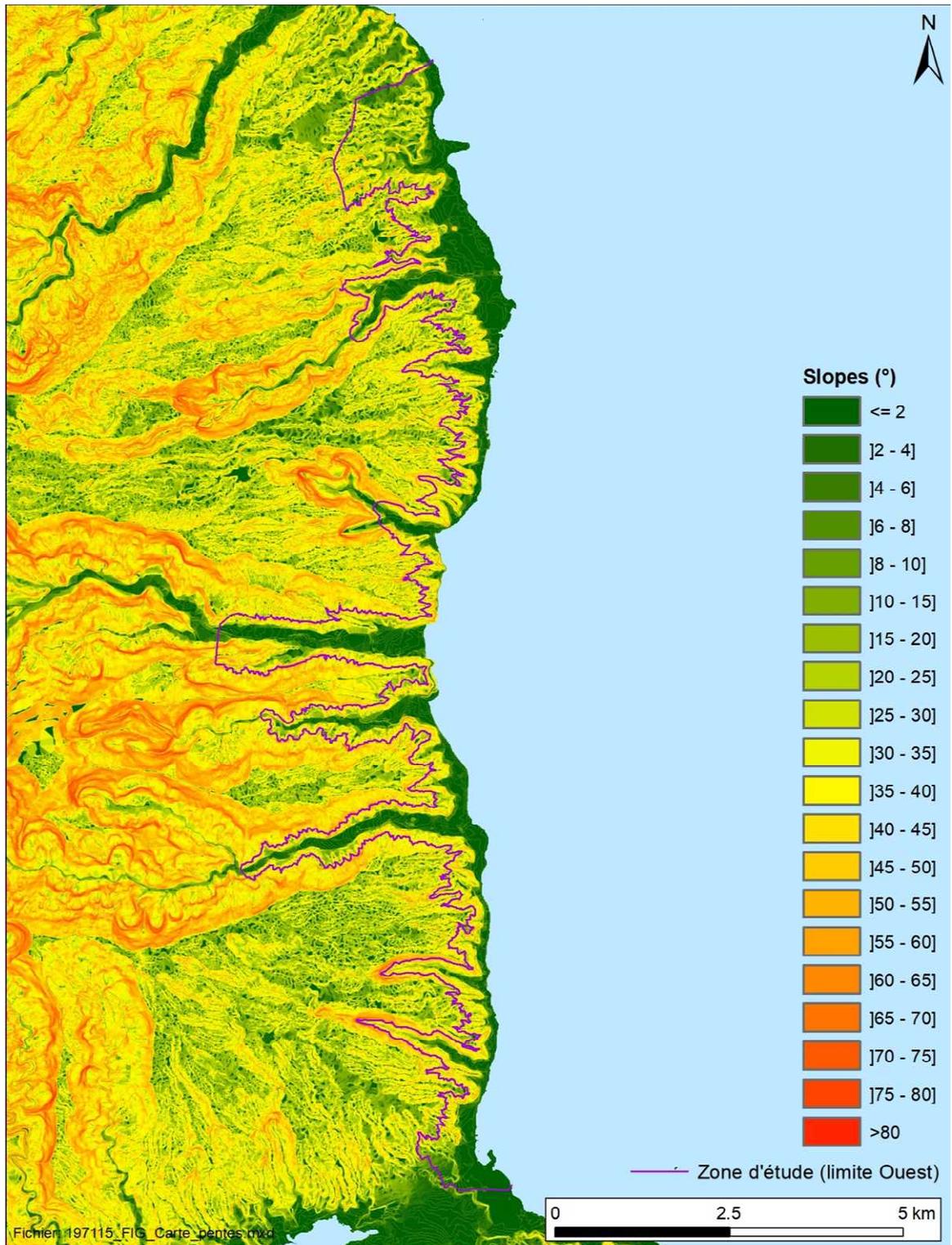


Figure 2.2: Cartographie des pentes au niveau de la zone d'étude Les pentes ont été générées à partir du MNT au pas de 5 m grâce à l'outil Spatial Analyst d'ESRI sous ArcGIS

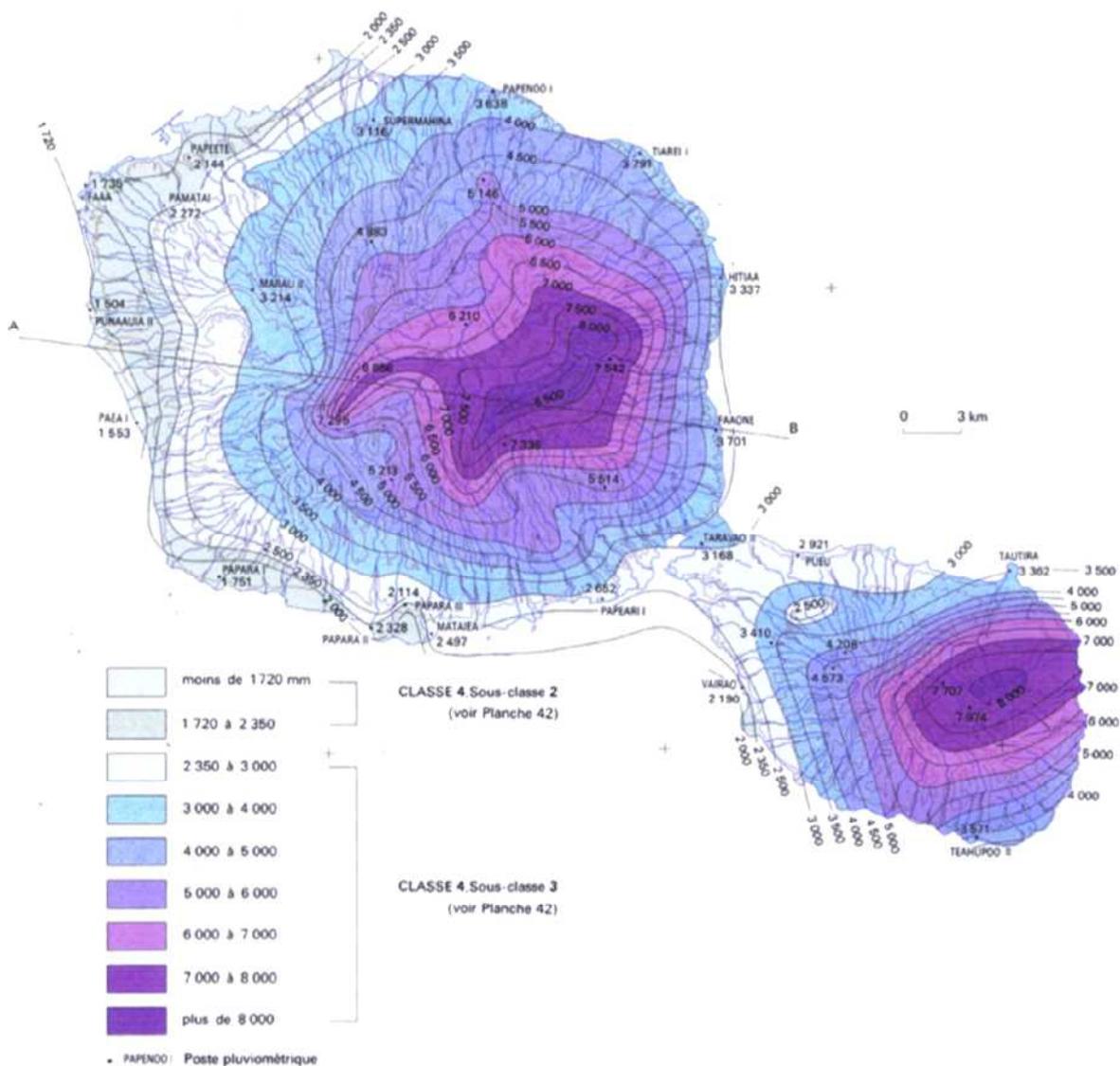


Figure 2.3: Isohyètes des précipitations moyennes annuelles de l'île de Tahiti (Lafforgue, 1993 - Atlas de la Polynésie française)

Selon la position et l'origine de leurs bassins versants, les cours d'eau où le régime d'écoulement torrentiel est toujours très marqué, peuvent être classés en trois groupes principaux :

- Le premier groupe comprend les deux rivières qui drainent les parties centrales de l'île en prenant leur origine sur les rebords internes des caldeiras. Il s'agit de la Papeete, la plus grande rivière de l'île, et de la Vaitepiha, principale rivière de Tahiti Iiti. Ces cours d'eau ont des pentes moyennes extrêmement fortes, comprises entre 15 et 50 %, depuis leur origine jusqu'au point de confluence. Plus en aval, le contour du bassin va en se resserrant, un peu comme un entonnoir. Dans le cas de la rivière Papeete par exemple, l'écoulement s'effectue alors sur ses alluvions avec une pente de l'ordre de 0,8 %, sur une quinzaine de kilomètres.

- Le deuxième groupe comprend les cours d'eau qui prennent naissance sur les rebords externes des caldeiras ou, du moins, assez haut sur le versant des anciens cônes volcaniques. Les étroites vallées qu'ils ont creusées divergent vers le littoral à la manière des rayons d'une roue. Très encaissées, ces vallées présentent des flancs extrêmement escarpés, taillés par les lits de nombreux torrents, eux-mêmes souvent entrecoupés de cascades. En amont, elles se terminent par des cirques très profonds ; en aval, elles se resserrent progressivement pour déboucher brusquement soit sur le rivage, soit sur la plaine littorale lorsqu'elle existe. Les profils en long sont en général moins concaves que pour le groupe précédent, avec des pentes moyennes un peu moindres à l'amont mais une pente plus forte à l'aval, comprise entre 2 et 4 %. D'autre part, sauf au niveau des cirques terminaux et à l'exception des plus grands bassins du groupe, les cours d'eau ne comportent pas d'affluents importants ; d'où un chevelu hydrographique affectant souvent la forme caractéristique d'une "arête de poisson". Les bassins versants de ce groupe ont des superficies de l'ordre de 10 km² à 40 km² pour Tahiti Nui. Parmi eux, on peut citer la Papeiha, rivière majeure présente au centre de la zone d'étude.
- Le troisième groupe s'exprime par des cours d'eau quasi rectilignes, dépourvus d'affluents, qui entaillent les planèzes. Les bassins versants correspondants sont extrêmement allongés et presque filiformes. Comparés à ceux des groupes précédents, les profils en long sont beaucoup plus réguliers, les pentes moyennes, peu différentes de la pente générale des planèzes, restent élevées (entre 12 et 18 %). Les superficies des bassins sont relativement faibles, inférieures à 10 km².

Les cours d'eau du premier groupe mentionné ne sont pas représentés au niveau de la zone d'investigation définie pour cette étude. Seuls les cours d'eau classés dans les deuxième et troisième groupes sont représentés.

2.2.3 Synthèse géologique

L'archipel de la Société doit sa formation à la présence de points chauds intra-océaniques (l'exemple de point chaud intra-océanique le plus connu reste probablement celui d'Hawaï) dans le Pacifique Nord. Avec une longueur d'environ 500 km, l'archipel de la Société s'étend suivant une direction Ouest-Nord-Ouest / Est-Sud-Est avec des édifices de plus en plus anciens plus on s'éloigne vers le Nord-Ouest. Le complexe volcanique de Mehetia, qui comprend au moins quatre volcans actifs, constitue l'extrémité Sud de l'archipel et matérialise le point chaud en surface ; le volcanisme n'étant plus actif au niveau de l'île de Tahiti. La vitesse de déplacement de la plaque Pacifique est estimée à ~11 cm / an vers le Ouest-Nord-Ouest (Atlas de la Polynésie française, 1993). De manière générale, l'essentiel de la partie émergée des îles est formé de basaltes alcalins.

Mise en place de l'île de Tahiti :

L'ensemble de l'île de Tahiti est formé de 3 volcans : Tahiti Nui, le volcan principal ; Tairapu ou la presqu'île (Tahiti Iiti), au Sud-Est et entre les deux, le volcan de Taravao.

Le volcan de Tahiti Nui mesure environ 12 700 mètres de haut, dont 9 700 m sont actuellement immergés. Sur cette épaisseur, se sont accumulés les produits des éruptions sous-marines, subaériennes et aériennes. La construction aérienne de Tahiti Nui a duré environ 0,75 Ma soit de 1,35 à 0,60 Ma.

Un basculement général selon un axe Nord-Ouest - Sud-Est, affecte l'ensemble de l'édifice et provoque un relèvement des parties sud et ouest de l'île.

Trois phases de construction de la partie aérienne du volcan de Tahiti Nui ont été reconnues (Figure 2.4) :

- La première phase (phase antécaldeira) : elle correspond à la formation d'un volcan bouclier. On y distingue quatre épisodes successifs superposant différents types de coulées (coulées massives porphyriques, coulées fluides, coulées différenciées fréquemment prismées pour finir par un nouvel épisode de coulées de basaltes porphyriques plus fines daté de 0,53 Ma) ;
- La deuxième phase (phase syncaldeira) : elle correspond à l'effondrement de la caldeira. Cet effondrement comprend plusieurs épisodes successifs accompagnés d'éruptions localement de type lahars et la mise en place en profondeur de roches grenues formant aujourd'hui le massif d'Ahititera au centre de l'île ;
- La troisième phase (phase postcaldeira) : elle correspond à l'érosion des remparts de la caldeira et la mise en place de profondes vallées. Dès lors, les coulées de laves naissant aux lèvres de la caldeira se sont engouffrées dans ces profondes vallées et ont pu descendre jusqu'à la mer (Niuru). Elles correspondent aux coulées dites « de vallée » formées de basanites, fortement déficitaires en silice, généralement épaisses et bien prismées. Disséquées par l'érosion, ces coulées forment actuellement des niveaux de terrasses.

Ne faisant pas partie de la zone d'investigation de l'étude, le volcan de Tairapu (Tahiti Iiti) n'est pas détaillé dans ce rapport.

Le volcan de Taravao est situé en limite Sud de notre zone d'étude. Il réunit les volcans initialement séparés de Tahiti Nui, au Nord-Ouest, et de Tahiti Iiti (Tairapu), au Sud-Est. Il apparaît posé sur la pente Ouest du volcan de Tairapu. L'ajout du volcan de Taravao sur les pentes de Tairapu conditionne la morphologie de cette région. En effet, à la différence des volcans de Tahiti Nui et de Tairapu qui possèdent, tous deux, une falaise côtière d'une cinquantaine de mètres de hauteur, celui de Taravao n'en possède pas. Les seules falaises observées sont à l'intérieur, aux flancs des vallées encaissées. L'unité géomorphologique principale est une planèze aux pentes douces (de 3 à 5°) descendant progressivement vers la mer, sans rupture topographique notable. Les vallées sont profondes et le plus souvent assez courtes. Le volcan de Taravao est plus jeune que ceux de Tahiti Nui et de Tairapu. Sa structure aérienne s'est édifiée en moins de 100 000 ans. Les datations K/Ar montrent que la partie émergée s'est construite en quelques dizaines de milliers d'années (entre 0,487 Ma pour la phase antécaldeira et 0,466 à 0,418 Ma pour la phase postcaldeira).

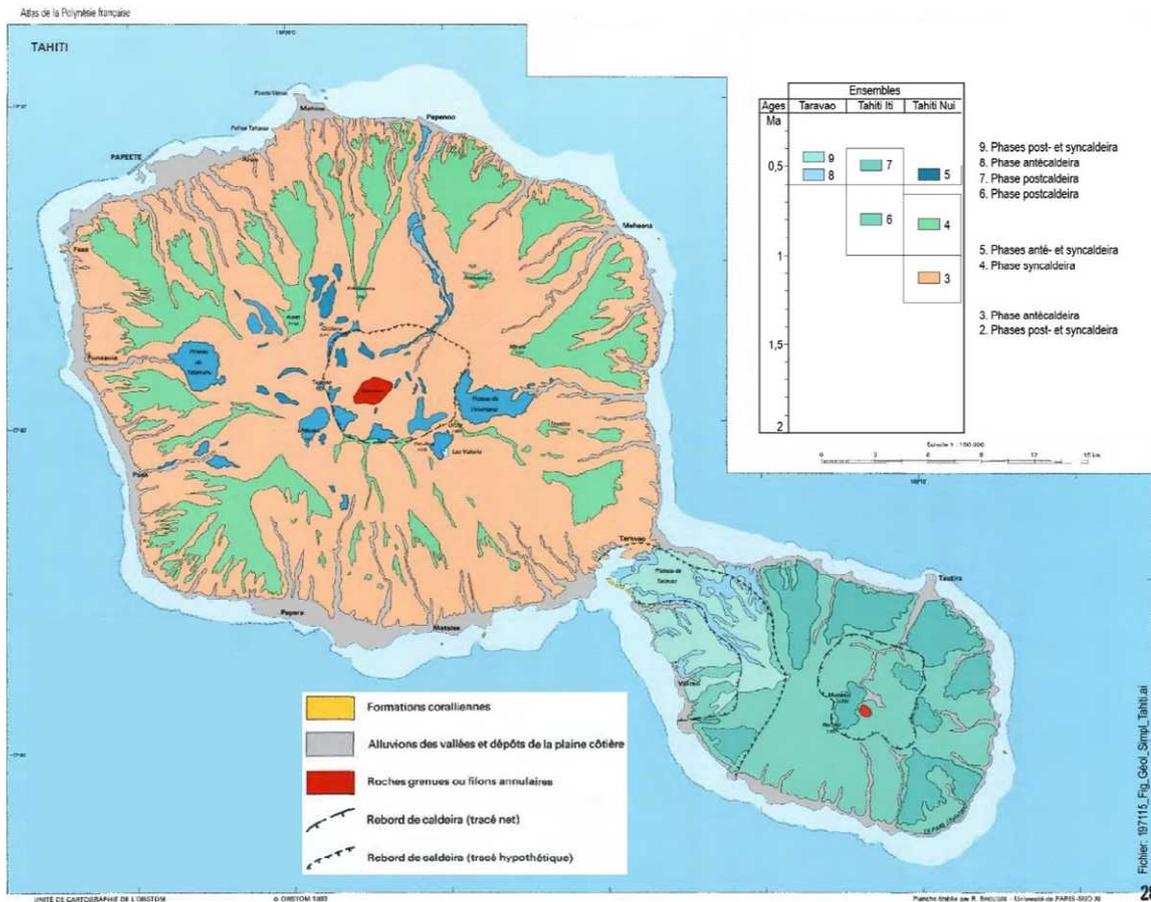


Figure 2.4: Carte géologique au 1:150 000 de Tahiti (ORSTOM, 1993)

Hildenbrand et al. (2004) propose une interprétation (et une cartographie) différente pour la formation du volcan de Tahiti Nui (Figure 2.5). Il mentionne une importante asymétrie marquée par la présence de hauts reliefs dans la partie Nord de l'île et une orientation Est-Ouest des sommets qui composent la partie centrale de Tahiti Nui. Il avance alors la présence d'un rift axial d'orientation Est-Ouest durant la phase éruptive. Ce rift est alors considéré comme à l'origine de glissements de grande ampleur remobilisant le bouclier principal dans les parties Nord et Sud de l'île. Ces glissements ont entraîné la formation de deux importantes dépressions comblées par la mise en place d'un second bouclier.

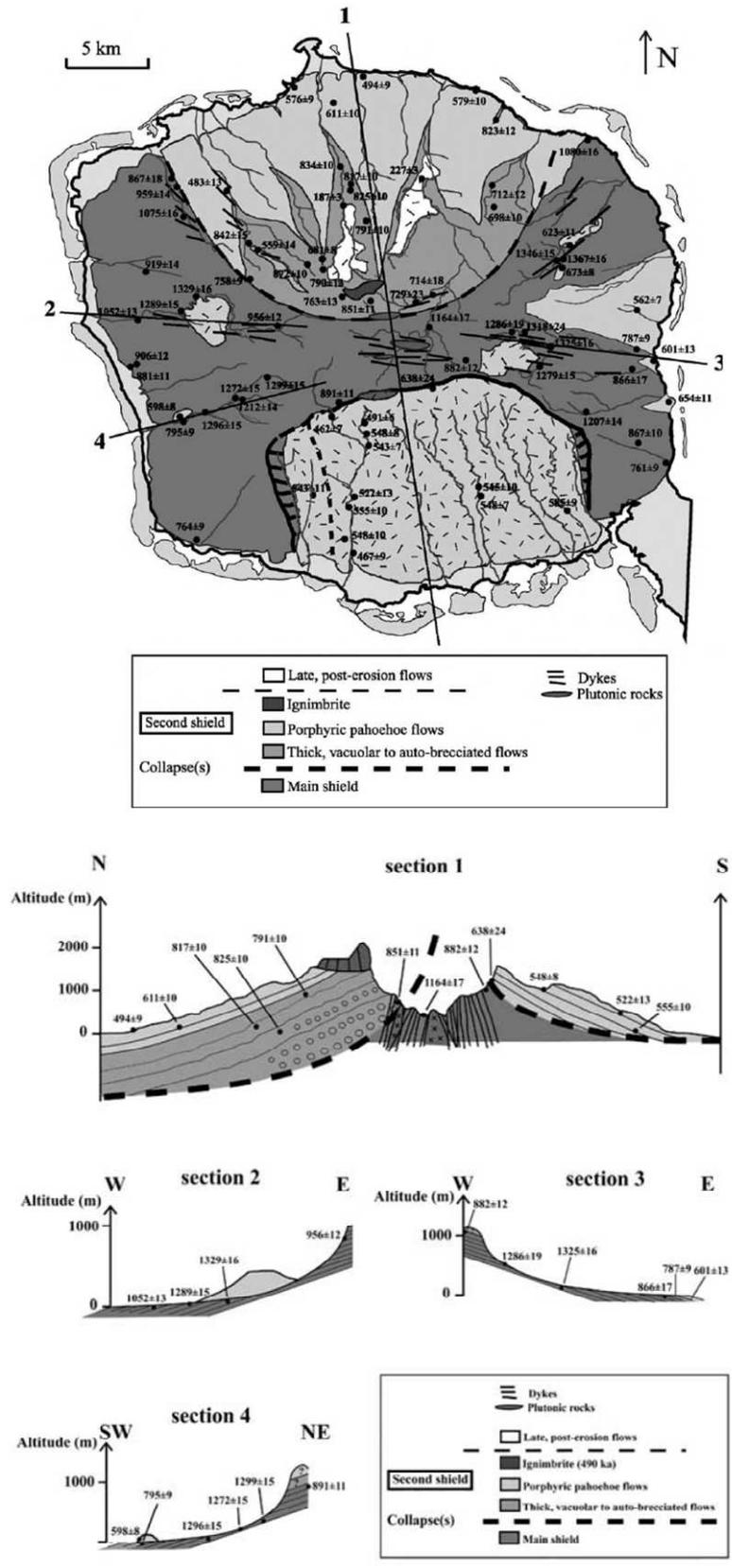


Figure 2.5: Carte géologique et coupes schématiques de l'île de Tahiti Nui d'après Hildenbrand et al. (2004)

Géologie de la zone d'investigation :

Au niveau plus spécifique de la zone d'investigation la carte géologique à 1/40 000 de Tahiti montre peu de variabilité (Figure 2.6). En ce qui concerne les roches volcaniques, seule la formation (un peu générique) de laves basaltiques d'épanchement principal est représentée. Les roches sédimentaires récentes sont représentées par les formations alluvio-torrentielles détritiques de fond de vallée et les formations détritiques marines.

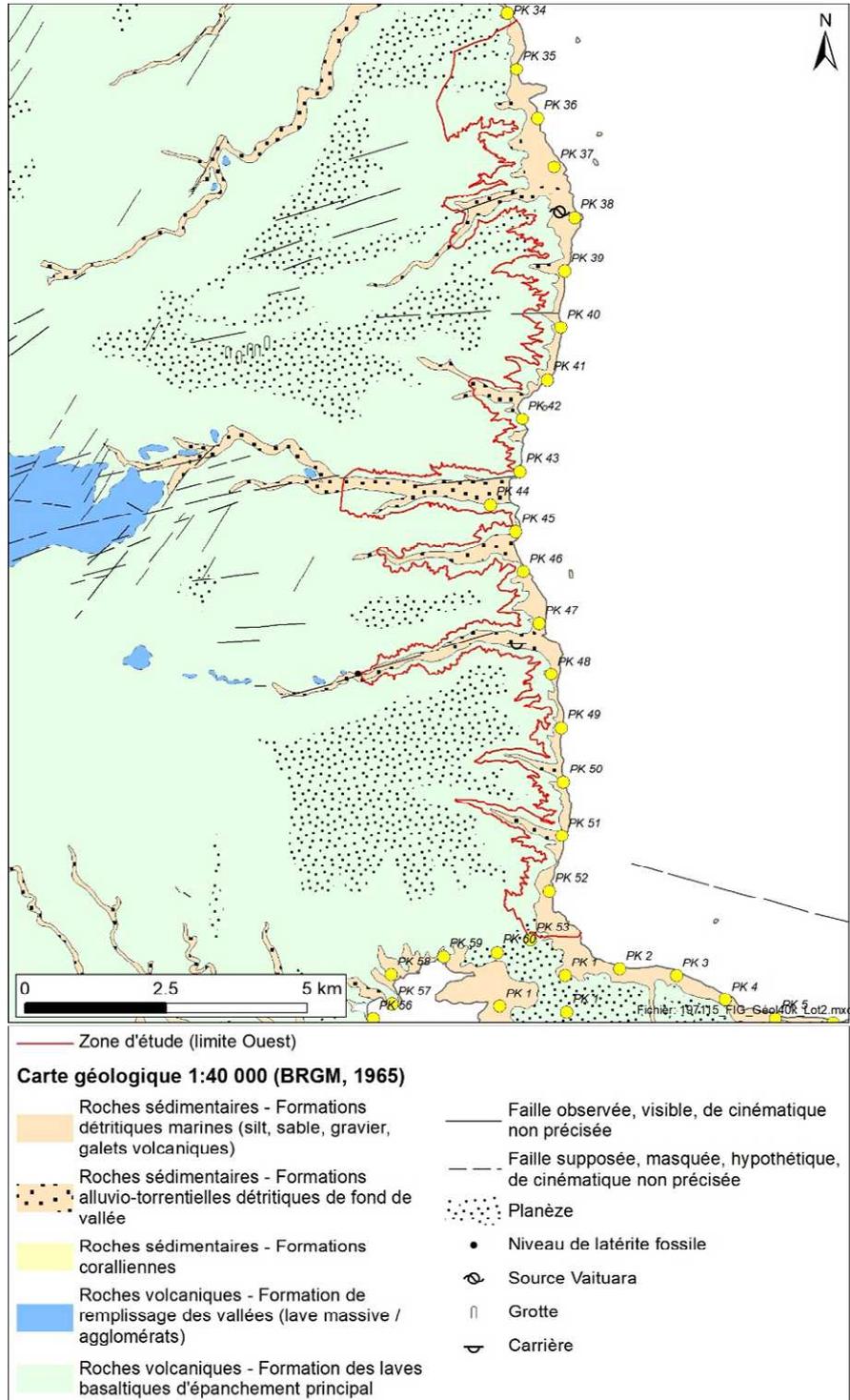


Figure 2.6: Carte géologique au 1:40 000 centrée sur la zone d'investigation (BRGM, 1965)

Les faciès d'altération (mamu) :

Il est important de noter que le climat tropical humide est propice à l'altération des roches volcaniques. Les faciès d'altération sont regroupés sous le terme de « mamu ». L'altération est classiquement causée par des réactions eau-roche provoquant la déstabilisation des minéraux en fonction de leur propre résistance à l'altération (Goldich, 1938). Ainsi, les éléments chimiques les plus solubles (K, Na, Ca, et Si) sont extraits et mis en solution, puis exportés, tandis que les éléments restants re-précipitent principalement en argiles, oxydes et hydroxydes.

Il est convenu en Polynésie française de décliner le mamu selon quatre classes basées sur le stade d'altération plus ou moins prononcée de la « roche mère » (Table 2.3).

A l'affleurement, les différents stades de mamu peuvent apparaître sous la forme d'un front d'altération vertical :

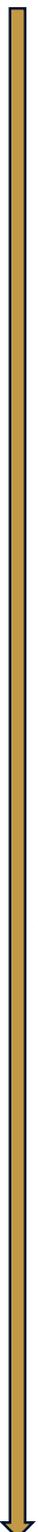
- passage progressif dans la masse en descendant vers le bas : mamu IV – mamu III – mamu II – mamu I / roche mère ou ;
- intercalation de séquences (les coulées de laves s'étant mises en dépôt sur des horizons déjà altérés ; à noter qu'un front de "cuisson" est généralement présent).

Latéralement, les transitions brutales entre les différents stades de mamu et la roche mère ne sont pas rares (présence d'une intrusion, ou coulée de remplissage de paléo-vallon).

Bien qu'aucune cartographie précise de la répartition des mamu ne soit disponible pour l'île de Tahiti, ces formations semblent concerner une surface importante.

Le degré d'altération des terrains géologiques est un paramètre important à considérer lors d'une étude d'aléa de mouvements de terrain. En effet, plus la roche est altérée et plus elle est déstructurée et perd en compétence et est donc propice aux mouvements de terrain.

Table 2.3: Classification lithologique du mamu usuellement admise en Polynésie (BRGM/RP-54835-FR, 2006)

	Classe de mamu	Description lithologique	Exemples
	Mamu stade I	Le plus souvent de couleur grise lorsqu'il provient de lave compacte ou vacuolaire, sa roche mère est bien discernable. Il ne se désagrège pratiquement pas sous la main et contient des boules peu ou pas altérées.	
	Mamu stade II	De couleur gris ou ocre, plus rarement rouge, la structure et la texture y sont bien visibles. Assez cohérent, il a la consistance de la craie. Il contient toujours des panneaux beaucoup moins altérés.	
	Mamu stade III	Souvent bariolé, sa structure et sa texture sont encore visibles. Il contient déjà une proportion notable de « pâte » emballant les blocs, et les boules en voie d'altération. Ce faciès d'altération présente plus de 50 % de volume initial décomposé ou désintégré en sol. Il se désagrège à la main.	
	Mamu stade IV	De couleur le plus souvent ocre ou rouge, la structure ayant disparue. On peut y trouver parfois quelques boules moins altérées.	

2.2.4 Synthèse géotechnique

Seuls les faciès d'altération sont abordés dans cette synthèse géotechnique. La raison principale est un manque d'information concernant les autres formations (roche volcanique seigne et formations sédimentaires détritiques).

Les travaux menés par le BRGM dans le cadre de la « caractérisation géotechnique des altérites volcaniques (« mamu ») » du programme ARAI (BRGM/RP-54835-FR) ont permis d'élaborer une « classification géotechnique » adaptée et qui répond à des besoins concrets notamment dans le cadre d'analyse de risque. Le programme a permis d'établir une correspondance entre les différents stades d'altération et des plages de variation de caractéristiques mécaniques.

Le programme ARAI souligne que la différenciation géomécanique entre le mamu I et le mamu II se révèle délicate et surtout non pertinente. Ces deux niveaux d'altération se caractérisent par un comportement pseudo rocheux, c'est-à-dire généralement par une très bonne tenue aux terrassements, sauf lorsque des boules de roche au sein de la gangue d'altération ou des dièdres subverticaux sont libérés en paroi. Pour cette raison, ces deux niveaux d'altération sont alors regroupés sous le terme de "mamu I & II" (correspondant au « mamu résistant »). Le même constat a été fait concernant le mamu III et le mamu IV. Bien que l'on puisse les distinguer visuellement à l'affleurement, essentiellement par la proportion de reliquats de roche mère, le plus souvent sous forme de boules, les investigations menées dans le cadre du programme ARAI ont démontré que sur un plan géotechnique la différenciation est non pertinente. Pour cette raison, ces deux niveaux d'altération sont alors regroupés sous le terme de "mamu III & IV" (correspondant au « mamu meuble ») au sein de laquelle seront distingués un faciès médiocre et un faciès ferme.

Les différentes analyses (observations de terrain et tests en laboratoire) menées sur les échantillons de mamu prélevés en différents points sur les îles de Tahiti, Raiatea et Huahine sont synthétisées dans le rapport dédié : BRGM/RP-54835-FR. Seul un tableau récapitulatif des principaux résultats est présenté ici (Table 2.4).

Table 2.4: Caractéristiques moyennes synthétiques des mamus (BRGM/RP-54835-FR, 2006)

	Mamu III-IV		Mamu I-II	
	médiocre	ferme	mamu II	Mamu I
Classification ISRM (International Society for Rocks Mechanics)	Mamu IV : correspond au niveau d'altération V - roche complètement altérée Mamu III : correspond au niveau d'altération IV - roche fortement altérée		Le mamu I-II se situe entre les niveaux d'altération II (roche légèrement altérée) et III (roche modérément altérée)	
Classification AFTES (Association Française des Travaux En Souterrain)	Mamu IV : associé à la catégorie AM5 - roche complètement altérée Mamu III : associé à la catégorie AM4 - roche très altérée		Le mamu I-II se situe entre les niveaux d'altération AM2 (roche légèrement altérée) et AM3 (roche moyennement altérée)	
Identification	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ Teneur en fines = 50 à 65 % Teneur en argile = 10 à 15 % $IP \approx 15 \%$ $WL \approx 65 \%$ Valeurs au bleu < 1,5 Pas de susceptibilité au retrait-gonflement		$\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$	
Résistance au cisaillement ou à la compression	Tahiti : $c' = 20 \text{ kPa}$ $\varphi' = 35^\circ$ $c_u = 40 \text{ kPa}$ $\varphi_u = 25^\circ$	$c' = 35 \text{ kPa}$ $\varphi' = 35^\circ$ $c_u = 60 \text{ kPa}$ $\varphi_u = 25^\circ$	$c = 100 \text{ kPa}$ $\varphi = 35^\circ$ $R_c = 2 \text{ MPa}$ $E = 100 \text{ MPa}$ $\nu = 0,2$	
Coefficient de perméabilité	$K = 10^{-7} \text{ m/s}$	$K = 10^{-7} \text{ m/s}$		
Essais mécaniques in situ	$q_d = 0,5 \text{ à } 5 \text{ MPa}$ $E_M = 2 \text{ à } 10 \text{ MPa}$ $p_l = 0,3 \text{ à } 2 \text{ MPa}$	$q_d > 10 \text{ MPa}$ jusqu'au refus $E_M = 20 \text{ à } 50 \text{ MPa}$ $p_l > 2 \text{ MPa}$	$q_d > 25 \text{ MPa}$ (refus) $E_M = 30 \text{ à } 120 \text{ MPa}$ $p_l > 2 \text{ MPa}$	
Géophysique	$V_p = 90 \text{ à } 700 \text{ m/s}$ $R = 50 \text{ à } > 1000 \Omega.m$ (très variable)	$V_p = 600 \text{ à } 1500 \text{ m/s}$ $R < 300 \Omega.m$	$V_p = 900 \text{ à } 2000 \text{ m/s}$ $R < 300 \Omega.m$	

2.2.5 Synthèse pédologique

La pédogénèse est sous l'étroite dépendance du climat, de la topographie et de la roche-mère. Encore une fois, l'Atlas de la Polynésie française paru en 1993 par l'Orstom dresse une présentation générale (mais suffisamment complète) sur les sols présents sur l'ensemble des territoires de la Polynésie française.

Les sols sont définis et classés selon la classification française (CPCS, 1967).

Sur les îles hautes (dont Tahiti), les sols se répartissent en deux grands ensembles : les sols des parties hautes qui évoluent en place, soumis à l'érosion, et ceux des parties basses, développés dans des matériaux colluviaux ou alluviaux issus de l'amont. Le processus marquant de la pédogénèse des premiers est, outre la désalcalinisation, la désilicification qui débute dès les tout premiers stades de l'altération pour être quasi totale lorsque le stade ultime de l'évolution ferrallitique est atteint. Les seconds, à l'inverse, s'enrichissent de la silice, des bases et des minéraux primaires issus des premiers.

Deux cartographies des sols aux échelles 1 : 150 000 et 1 : 40 000 (Figure 2.7 - Figure 2.8) sont disponibles pour l'île de Tahiti. D'après ces cartographies, les sols présents dans la zone d'investigation ont tous le basalte comme matériau original (à l'exception bien sûr, des sols d'accumulation associés aux dépôts de colluvions et alluvions).

Les travaux menés par le BRGM dans le cadre du « rôle de la végétation vis-à-vis des mouvements de terrain en Polynésie française » du programme ARAI (BRGM/RP-62203-FR) ont montré que la végétation est capable d'intervenir essentiellement sur les glissements superficiels, les chutes de blocs et l'érosion/reptation des sols. L'influence de la végétation sur les glissements profonds reste difficile à appréhender. Ces travaux ont également dressé un inventaire des unités végétales (UV) présentes sur l'ensemble des îles de la Polynésie française. Chaque unité de végétation a ensuite été classée vis-à-vis des phénomènes redoutés (principalement glissements et chute de blocs). Il en ressort que certaines unités végétales vont plutôt agir comme facteur limitant les phénomènes considérés alors que d'autres unités végétales vont plutôt jouer un rôle facilitateur.

Il est mentionné dans l'Atlas de la Polynésie française (Orstom, 1993) que la densité du couvert végétal constitué sur la plupart des versants d'une forêt pluristrates, s'oppose avec efficacité à l'impact des gouttes de pluie au sol et au ruissellement de surface ce qui minimise l'érosion par ruissellement sur les pentes. Cependant, dès lors que le sol est exposé à la pluie (zones ayant été défrichées pour les cultures maraîchères par exemple) l'érosion par ruissellement devient prépondérante.

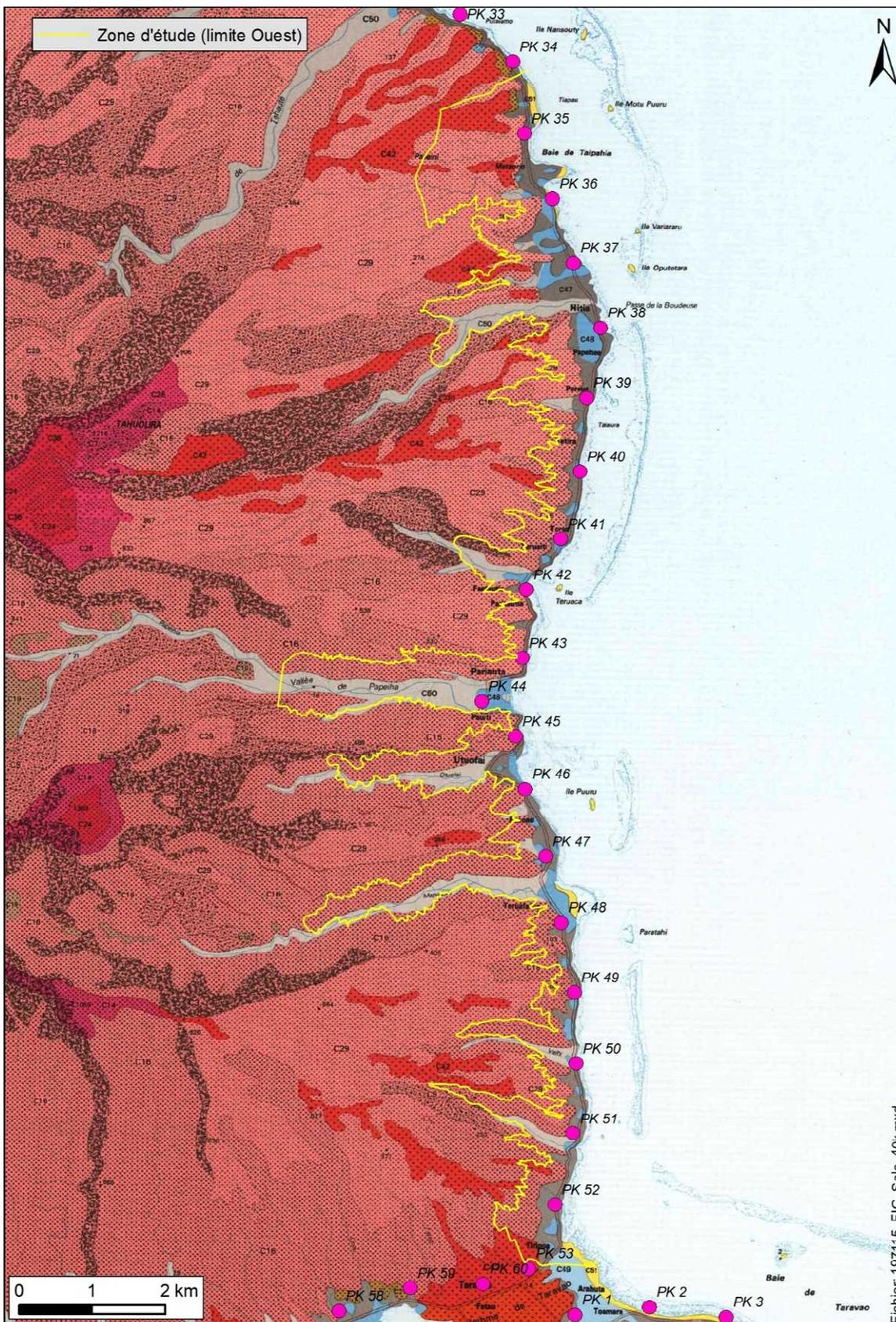


Figure 2.7: Cartographie des sols au 1:40 000 de Tahiti (ORSTOM, 1990) voir légende en Figure 2.8

Classe de pentes CATEGORIES de sols	Altitude	UNITES TAXONOMIQUES (Références C.P.C.S.)	Matériau originel	Unités cartographiques
> 50°  Sols d'érosion	< 900 / 1 000m	SOLS PEU EVOLUES D'EROSION, BRUNIFIES, lithiques, humifères	sur basalte	 C3
de 45 à 50°  Sols d'érosion et d'altération		SOLS FERRALLITIQUES, faiblement, moyennement ou fortement désaturés, humifères, pénévulés d'érosion.		 C9
de 25 à 45°  Sols d'altération et d'érosion et sols d'accumulation		SOLS BRUNS EUTROPHES TROPICAUX, PEU DIFFERENCIÉS, d'érosion.		 C16
de 10 à 25°  Sols d'altération et d'érosion et sols d'accumulation		SOLS FERRALLITIQUES, faiblement, moyennement ou fortement désaturés, humifères, pénévulés d'érosion.		 C29
de 3 à 10°  Sols d'altération et sols d'accumulation		SOLS FERRALLITIQUES, fortement désaturés, humifères, gibbsitiques.		 C42
< 3°  Sols d'accumulation	de 0 à 10m (plaine littorale)	SOLS PEU EVOLUES D'APPORT COLLUVIO-ALLUVIAL, modaux ou hydromorphes (à caractères vertiques fréquents). SOLS HYDROMORPHES MINERAUX, à pseudogley ou gley.	sur colluvions et alluvions	 C47
	de 0 à 140m (alluvions fluviales)	SOLS PEU EVOLUES D'APPORT ALLUVIAL (ou colluvio-alluvial)	sur alluvions (et colluvions)	 C48
	de 0 à 5m (Fm. coralliennes)	SOLS CALCOMAGNESIQUES CARBONATES : Rendzines humifères	sur calcaire corallien	 C50  C51

Figure 2.8: Légende de la cartographie des sols au 1:40 000 de Tahiti (ORSTOM, 1990) Seules les unités présentes dans la zone d'investigation sont indiquées dans cette légende

2.3 Evènements historiques recensés à ce jour

La liste des évènements de mouvements de terrain historiques « majeurs » est fournie par la DCA par extraction de la base de données sous forme d'un fichier shapefile nommé « BD_MVT_lot2_GDB.shp ». Les évènements majeurs répertoriés sur les communes sont au nombre de 12, ils sont listés dans la Table 2.5. Leur localisation (Figure 2.9) indique qu'ils peuvent être regroupés en 5 sites que l'on nomme PK40, PK43, PK45, PK47 et PK50.

2.3.1 PK40 – Indice de fluage reptation

Une note produite par le Service de l'Urbanisme, Section Etudes et Plans et datée du 31/10/2006 retranscrit une visite de terrain. Il y est fait mention de la présence au site PK40 d'indices de mouvement de terrain actif de type fluage reptation, arrachement superficiel et glissement avéré.

2.3.2 PK43 – Cascade temporaire

Un indice de mouvement de terrain est indiqué à proximité du PK43, il est associé à la présence d'une cascade temporaire illustrée sur la Figure 2.10. Nous avons identifié des photographies associées à ce point mais aucune note descriptive.

2.3.3 PK45 – Glissement de terrain côtier au-dessus de la RT1

Un total de sept évènements est localisé sur la zone côtière au niveau de la falaise située entre les pointes d'Utupai et de Vaitavatava (Figure 2.9). Ces évènements sont localisés sur une zone de fort aléa mouvement de terrain.

Une note produite par le Service de l'Urbanisme, Section Etudes et Plans et datée du 31/10/2006 retranscrit une visite de terrain. Il y est fait mention de la présence au site PK45 *d'une falaise côtière comportant un secteur exposé à l'action de l'océan et possédant des matériaux de couverture meubles (quelques mètres d'épaisseur). Ces matériaux instables et meubles sont d'anciens déblais ou bien des altérites (mamu) qui ont glissé depuis le sommet de la colline. Ces matériaux, déposés sur de fortes pentes rocheuses, sont affectés par des glissements de terrain, ce qui entraîne une érosion régressive (vers le haut) de ces matériaux.* Cette note est associée à l'un des sept points d'évènement majeur.

Nous n'avons pas identifié de document pour les six autres évènements localisés sur ce site.

2.3.4 PK47 – Eboulements

Deux évènements d'éboulement sont listés dans la base de données au PK47 (Figure 2.9). Aucune documentation associée ne nous a été transmise pour le moment.

2.3.5 PK50 – Glissement de terrain en février 2011

Au Nord de la pointe d'Uturaufea un glissement de terrain a eu lieu le 08/02/2011. Un article publié sur le site internet <http://www.taiarapu-est.pf> décrit l'évènement. On y apprend qu'environ 400 m³ ont glissé détruisant deux véhicules stationnés et une partie d'une terrasse d'habitation (Figure 2.11). Les *pluies à répétitions des heures précédentes* sont décrites comme à l'origine du déclenchement du glissement. Cette zone est cartographiée en aléa mouvements de terrain fort (Figure 2.9). A partir des photographies, on suppose un contexte composé d'un talus d'une vingtaine de mètres de haut avec une pente forte (environ 60°) faiblement végétalisée (absence d'arbres à l'Est du glissement).

Id	Site	Type	Date	Information	Producteur	commentaire	Documentation identifiée
1	PK40	Signe reptation			Cellule PPR, Section Etudes et Plans, Service de l'Urbanisme de la Polynésie française	Note SAU du 31/10/2006. Indices de mouvements de terrain (fluage, reptation, glissements superficiels, arrachements.	oui
2	PK43	Glissement	01/01/2021		DCA	Cascade temporaire	oui
3	PK45	Glissement de terrain	02/11/2021	Tahiti INFOS	Tahiti INFOS	BDMVT_SAU_2021-11-03 PK 44, important glissement bloquant la route de ceinture	non
4	PK45	Glissement			LTTP	Dossier n°96014 Client : DEQ INFRA	non
5	PK45	Eboulement		Eboulement falaise	LTTP	Dossier n°88015 Client : SEQ INFRA	non
6	PK45	Inconnu			LTTP	Dossier n°26225 Client : EGT	non
7	PK45	Glissement		Glissement terrain, reconnaissance géologique	LTTP	Dossier n°95155 Client : DEQ INFRA	non
8	PK45	Eboulement			LTTP	Dossier n°99087 Client : DEQ INFRA	non
9	PK45	Glissement			Cellule PPR, Section Etudes et Plans, Service de l'Urbanisme de la Polynésie française	NOTE SAU du 31/10/2006. Glissements de terrain dus à une érosion régressive en pied de falaise donnant sur l'océan.	oui
10	PK47	Eboulement			LTTP	Dossier n°94136 Client : DEQ INFRA	non
11	PK47	Eboulement			LTTP	Dossier n°93199 Client : DEQ INFRA	non
12	PK50	Glissement de terrain	08/02/2011	BD_MVT_SAU_2011-02-08_Glt_TE_Faone_Pk50	Cellule PPR, Section Etudes et Plans, Service de l'Urbanisme de la Polynésie française	Environ 400m3. 2 véhicules détruits et habitation légèrement impactée (terrasse)	oui

Table 2.5: Extrait de la base de données mouvement de terrain listant les évènements majeurs survenus sur l'emprise des communes de Hitiaa et de Faone.

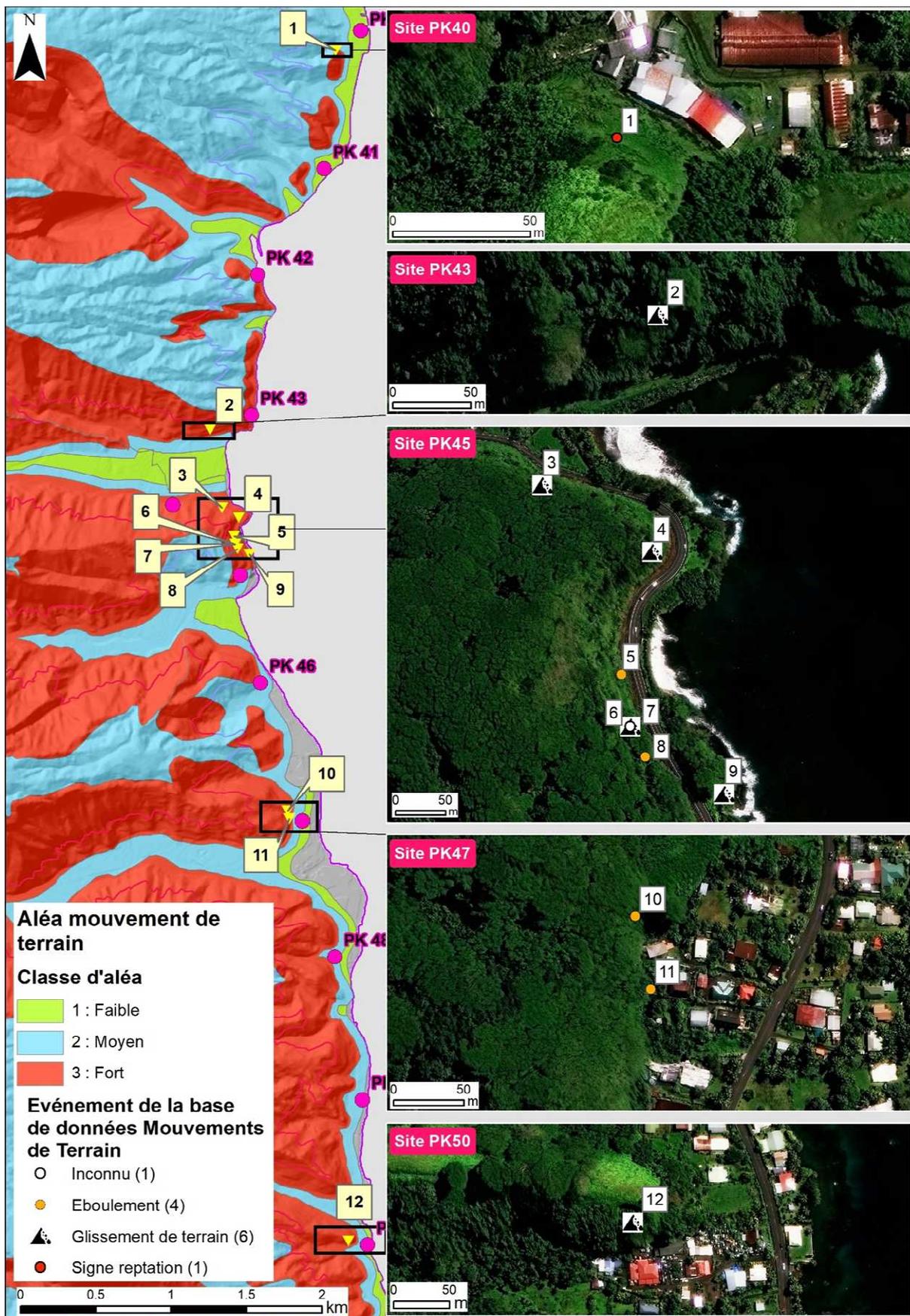


Figure 2.9 : Localisation des évènements de mouvement de terrain majeurs répertoriés sur la zone d'étude



Figure 2.10 : Illustration de la cascade temporaire sur le site du PK43 (Prise de vue du 05/01/2022). Source DCA



Figure 2.11 : Illustration du glissement de terrain intervenu au PK50 en février 2011

2.4 Observations complémentaires réalisées par les agents de la DCA

Des observations de terrain ont été réalisées par les agents de la DCA dans le cadre de l'instruction de permis de construire. Un fichier shapefile regroupe 60 points d'observations réalisés entre 2014 et 2022. Une référence de note est associée à chacun d'entre eux. Sur les 60 références nous avons identifié une documentation disponible pour seulement 27 points (Table 2.6). La Figure 2.12 localise ces éléments et précise les documents sur lesquels nous avons identifié des modifications cartographiques de la carte d'aléa mouvements de terrain réalisées à la suite de visite avec observations sur site par les agents de la DCA.

Table 2.6: Liste des observations de terrain de la Section Etudes et Plans pour lesquelles nous avons identifié la documentation.

Identifiant	Référence de la note	Année	Parcelle	Modifications cartographiques
1367	210-2020	2020	AA18	non
848	29-2018	2018	AC22	oui
1376	231-2020	2020	AC31	non
737	64-2019	2019	AC5	oui
7259	190a-2021	2021	AC5	non
897	29-2020	2020	AD128	non
971	32-2017	2017	AE12	oui
808	129-2019	2019	AE9	non
1334	40-2021	2021	AH1	non
11659	40-2021-ter	2021	AH1	non
1095	95-2020	2020	AH130	non
1375	231-2020	2020	AH81	non
1130	177-2020	2020	AL3	oui
1131	177-2020	2020	AM119	oui
898	29-2020	2020	AM32	oui
1160	247-2020	2020	AN4	oui
735	64-2019	2019	AO20	oui
1019	104-2017	2017	AO58	oui
874	29-2020	2020	AO62	non
875	29-2020	2020	AO69	oui
707	30-2019	2019	AO71	oui
1086	104-2020	2020	AS79	oui
817	147-2019	2019	AV49	oui
713	37-2019	2019	AW10	non
849	29-2018	2018	BC1	non
1132	177-2020	2020	HB4	oui
1340	36-2014	2014	LA48	oui

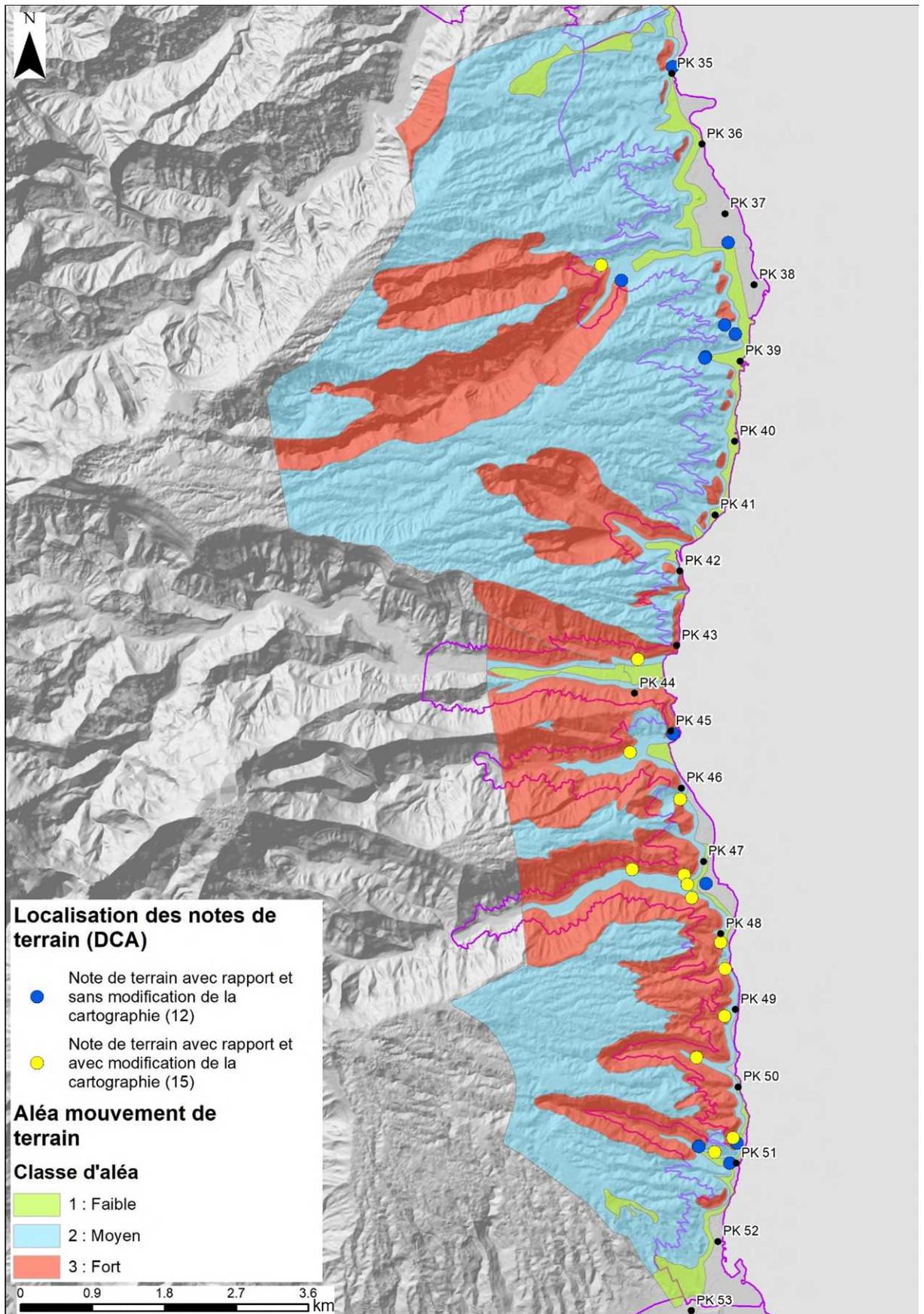


Figure 2.12 : Localisation des visites de terrain effectuées par les agents de la DCA

3. Zonage existant

3.1 Cartographie initiale (BRGM, 2006)

Une première cartographie de l'aléa mouvements de terrain a été produite par le BRGM en 2006 dans le cadre du projet ARAI. Cette cartographie a été établie à grande échelle, au 1/10 000^{ème} dans les zones urbanisées et au 1/25 000^{ème} dans les zones naturelles. Elle s'est basée principalement sur les données disponibles (photographie satellite, MNT...) et peu sur des données de terrain. La précision de cette cartographie est donc relativement faible. Les types de mouvements considérés sont les glissements de terrain et les éboulements / chutes de blocs.

Le rapport BRGM/RP-51226-FR (2001) précise la méthodologie utilisée par le BRGM afin de réaliser la cartographie de l'aléa mouvements de terrain. On y retrouve notamment la notion de « zones ou bandes de sécurité ». Les valeurs de pente sont utilisées comme valeurs de calage lesquelles sont modulées en fonction de la nature des roches considérées. Ainsi, les zones d'éboulis de pente ou de mamu, dont la pente est supérieure à 20°, sont considérées comme des zones d'aléa fort tandis que les plateaux de faible pente sont considérés comme des zones d'aléa moyen. Les zones de plaines côtières et les zones plates sont des zones d'aléa nul à faible.

Au niveau des zones d'aléa fort pour les glissements de terrain, des « bandes de sécurité » ont été définies afin de tenir compte des dangers en termes de propagation (zone de réception), mais aussi en termes de précautions vis-à-vis d'éventuels terrassements en bordure de plateau (zone de départ). Ces zones sont, en général, égales à 25 m mais peuvent être étendues suivant le contexte. La Figure 3.1 illustre trois configurations où les zones de départ et de réception sont prises en compte et sont considérées comme appartenant à la zone d'aléa fort. Sur la Figure 3.1b, la pente 1 est assimilée à une zone de réception tandis qu'elle correspond à une zone de propagation sur la Figure 3.1c. La pente 2 correspond dans les deux cas à une zone de départ. Ponctuellement, le BRGM utilise l'outil TALREN (logiciel développé par Terrasol) pour définir la largeur des zones d'aléa fort en crête de versant et au sommet des planètes. Ce logiciel permet donc d'affiner localement le zonage.

Au même titre que pour les glissements de terrain, on distingue au niveau des zones d'aléa de chute de blocs, des zones de « départ » des blocs, des zones de « propagation » et de réception. Connaissant la position des barres rocheuses, les zones de départ potentiel sont à peu près certaines tandis que les trajectoires des blocs ne sont que supposées. C'est pourquoi le BRGM a effectué des analyses trajectographiques et a développé le logiciel PIERRE. Ce logiciel, en partie paramétré sur des données de lâchés de blocs effectués sur l'île de Tahiti, est utilisé par le BRGM pour définir l'extension des zones affectées par les chutes de blocs et donc pour affiner localement leur zonage.

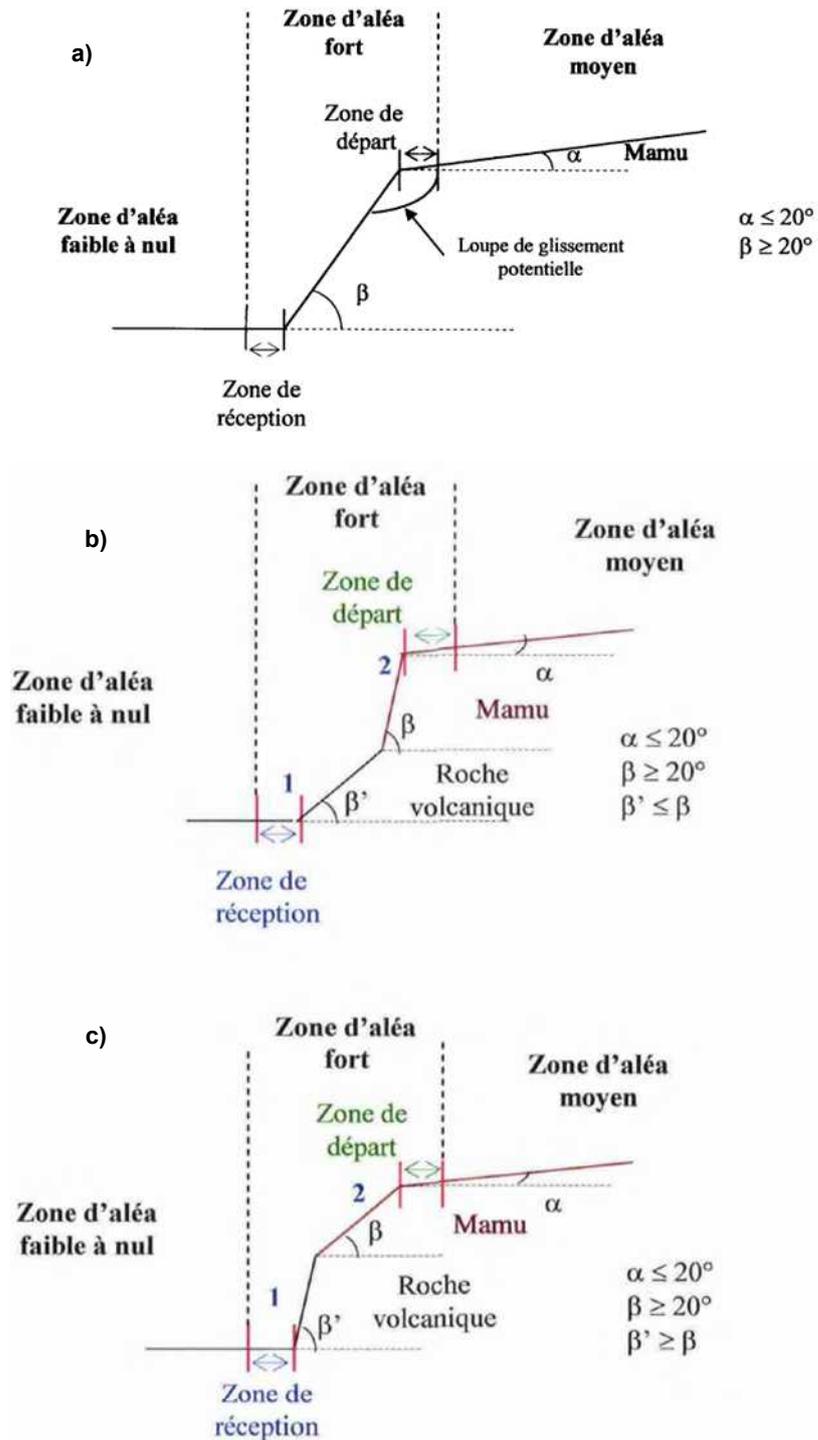


Figure 3.1: Configuration des zonages de l'aléa glissement de terrain sur Tahiti (BRGM/RP-51226-FR, 2001)

Le rapport BRGM/RP-54834-FR (2006) présente une étude de sites, laquelle avait pour objectif une optimisation de la calibration de la méthodologie de cartographie de l'aléa de mouvements de terrain à partir de 10 sites répartis sur les îles de Tahiti, Raiatea et Maupiti. Cette étude a permis, tout en gardant une approche très systématique, de définir certains préceptes de limite de pente.

- Les **zones de colluvions** se révèlent très instables. Il est préconisé d'adopter les critères suivants :
 - Pente > 20° : aléa fort
 - Pente entre 10 et 20° : aléa moyen à fort
 - Pente entre 5 et 10° : aléa faible à moyen
- Au niveau des **fronts de planèzes** basaltiques mamutisés :
 - Hauteur de talus > 20 m : aléa moyen à fort
 - Hauteur de talus < 20 m : aléa faible à moyen
- Au niveau des **versants primaires et secondaires** (pente moyenne de 45° environ) entaillant les planèzes basaltiques mamutisés :
 - Dans le versant (jusqu'à la ligne principale de rupture de pente en crête de versant) : aléa fort
 - Sur le sommet de planèze en limite de versant :
 - Pour les versants de moins de 50 m de hauteur : aléa moyen à fort dans une bande allant jusqu'à 15 m de large ;
 - Pour les versants de hauteur variant entre 50 m et 200 m de hauteur : aléa moyen à fort sur une bande de largeur progressive entre 15 et 40 m ;
 - Pour les versants de plus de 200 m de hauteur : aléa fort sur une bande de 40 m.

Il est cependant bien précisé dans le rapport qu'il convient de moduler ces critères en fonction du contexte local de chaque site.

La méthodologie appliquée pour la cartographie de l'aléa mouvements de terrain est également évoquée dans les notes méthodologiques des PPR des communes de Tairapu Est et de Hitiaa O Te Ra.

Dans le PPR de Tairapu Est, cette méthodologie mentionne la mise en place au niveau des plaines côtières, de zones forfaitaires dans le cas notamment de chutes de blocs en front de planèzes. Pour autant, aucune valeur précise n'est annoncée : « largeur variant (de plusieurs dizaines de mètres) » pour la zone classée en aléa fort directement en bas de pente. Toujours au niveau de la plaine côtière, mais cette fois dans le cas de glissement de terrain, il est précisé la mise en place en aval de la limite d'aléa fort, d'une zone d'aléa moyen à fort, généralement large d'une cinquantaine de mètres, correspondant à la zone de propagation maximum de glissements ou d'éboulements moins fréquents, rarement observés sur le terrain, mais envisageables par rapport au contexte géomorphologique. Enfin, une zone d'aléa faible d'une

cinquantaine de mètres de largeur enveloppe la propagation maximum pour tenir compte d'événements très exceptionnels.

Dans le PPR de Hitiaa O Te Ra, aucune valeur n'est avancée quant à la largeur de ces zones forfaitaires.

3.2 Mises à jour ponctuelles par la DCA

La cartographie initiale produite par le BRGM évolue au fil du temps grâce notamment aux mises à jour générées par le travail de terrain régulier des agents de la DCA en charge de la prévention des risques naturels. Ces modifications ponctuelles sont faites dans le cadre de l'amélioration de la cartographie des aléas et des demandes d'autorisations de permis de travaux immobiliers. Ces demandes donnent lieu à des expertises naturalistes généralement à l'échelle de la parcelle. Les comptes-rendus de certaines de ces visites nous ont été communiqués par la DCA.

Ces expertises ont ponctuellement modifié la cartographie d'aléa mouvements de terrain. Une comparaison entre le zonage du BRGM et le zonage mis à jour est présenté dans le paragraphe 5.1.

Le zonage utilisé comme base pour la présente étude correspond au zonage mis à jour envoyé par la DCA en date du 1^{er} Mars 2022.

4. Méthodologie de la cartographie de l'aléa

4.1 Classification des mouvements de terrain

D'après l'analyse des données bibliographiques, nous proposons de travailler à partir d'une classification telle que présentée par la Figure 4.1. Dans cette figure, seuls les mouvements de terrain observés ou actuellement considérés en Polynésie française sont répertoriés. Cette sélection s'est basée sur la synthèse sur les mouvements de terrain présentée dans les rapports de présentation des PPR des communes de Taiarapu Est et de Hitiaa O Te Ra.

Un mouvement de terrain est un déplacement plus ou moins brutal du sol et du sous-sol. Il est fonction de la nature et de la structure des couches géologiques. Il peut résulter d'un ou plusieurs facteurs déclenchants :

- sollicitation sismique (non pris en compte dans le contexte de Tahiti) ;
- action de l'eau (modification des caractéristiques mécaniques des terrains après saturation en eau lors de fortes pluies, érosion liée aux écoulements) ;
- action de l'homme (modification des caractéristiques géométriques des terrains, rejets d'eau non contrôlés, ...) ;
- altération naturelle des terrains.

Chaque type de mouvement de terrain présente des spécificités propres concernant son origine (nature des sols, pentes...) mais aussi sa morphologie et physionomie sur le terrain (cicatrice d'arrachement, arbres inclinés, surface moutonnée...). Au vu de l'analyse préliminaire des données disponibles, les principaux mouvements de terrain observés dans la zone d'étude sont : les glissements de terrain (sans notion de vitesse) et les chutes de blocs / éboulements. Des exemples concrets et illustrés issus de la zone d'étude seront présentés une fois la phase de terrain terminée. A noter dans la base BD_MVT communiquée par la DCA, le signalement d'un mouvement de reptation à proximité du PK 40.

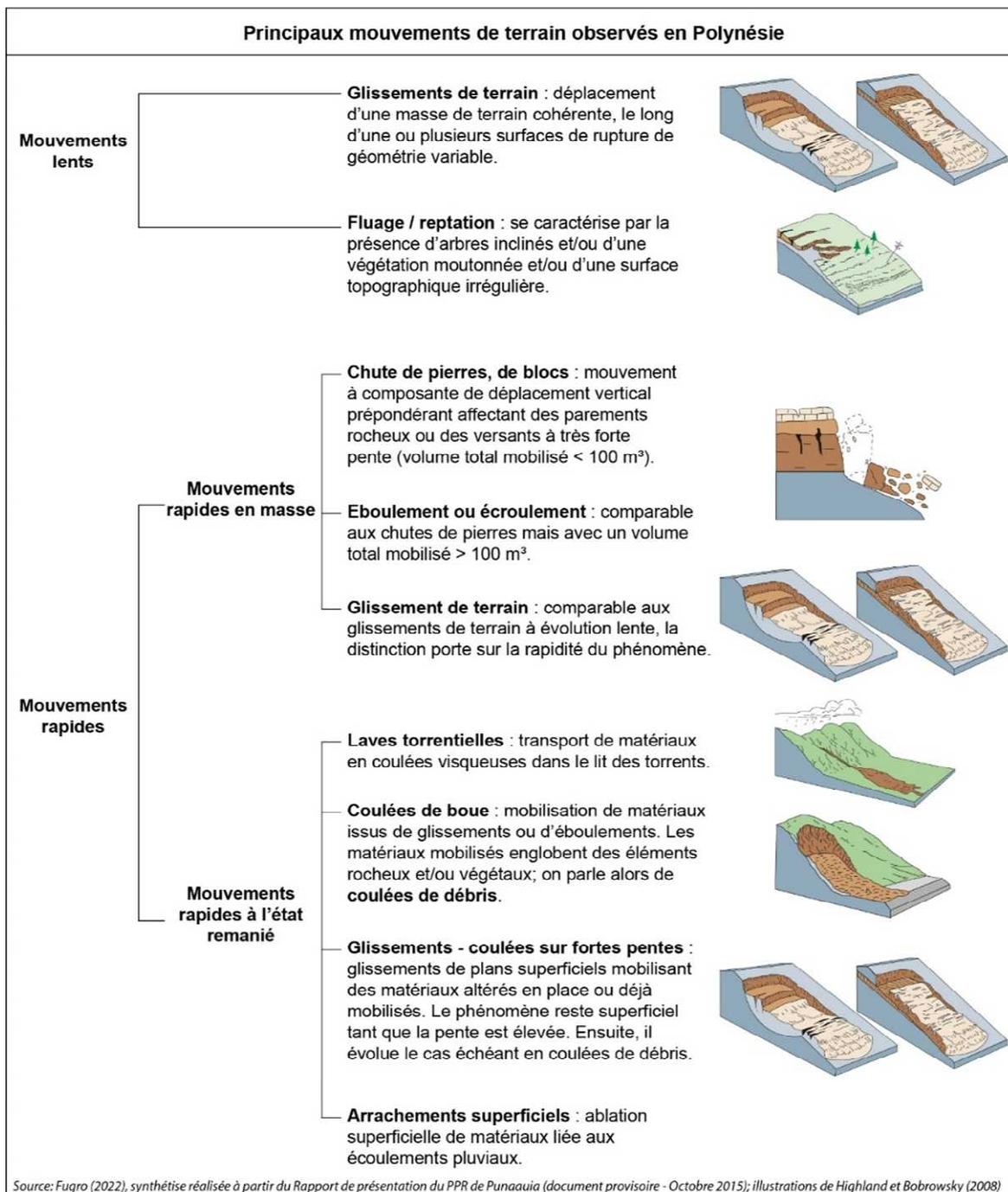


Figure 4.1: Principaux mouvements de terrain observés en Polynésie française

4.2 Définition de l'aléa et grille de qualification

Comme indiqué dans le guide méthodologique « PPR – Risques mouvements de terrain » (Besson et al., 1999), l'aléa est qualifié par son intensité.

Afin d'assurer une continuité avec le zonage d'aléa mouvements de terrain existant dans la zone d'étude, nous proposons de travailler pour cette étude sur un découpage à trois niveaux d'intensité d'aléa : faible, moyen et fort.

Afin de mieux appréhender cette notion d'intensité, d'autres critères seront également pris en considération :

- la notion de « portée » (ou « demande de prévention potentielle ») ;
- la gravité ;
- la période de retour exprimée pour des phénomènes d'ampleur varié.

Au vu de l'analyse préliminaire des données disponibles, les principaux mouvements de terrain observés dans la zone d'étude sont : les glissements de terrain et les chutes de blocs. Seuls ces deux types de mouvements sont alors qualifiés ici. Une mise à jour concernant ces deux types de phénomènes ainsi que pour d'autres (type reptation, coulées de débris ou coulées boueuses) sera effectuée après la phase d'analyse de terrain si nécessaire.

Encore une fois, par soucis d'homogénéité avec le zonage de l'aléa mouvements de terrain existant dans la zone d'étude, les grilles de qualification présentées dans les PPR de Tairapu Est et de Hitiaa O Te Ra sont réutilisées dans cette étude.

Les valeurs de références qui seront considérées pour qualifier l'ampleur des phénomènes sont présentées dans les grilles suivantes : la Table 4.1 se réfère aux glissements de terrain et la Table 4.2 se réfère aux éboulements et chutes de blocs.

Table 4.1: Grille de qualification des glissements de terrain

Index	Description	Qualification
G1	0 – 5 m ³	glissement faible
G2	5 - 200 m ³ (env. 100m ³)	glissement modéré
G3	200 - 3 000 m ³ (env. 1 000m ³)	glissement moyen
G4	3 000 – 50 000 m ³ (env. 20 000m ³)	glissement important
G5	>50 000 m ³	glissement majeur

Table 4.2: Grille de qualification des éboulements et chutes de blocs

Index	Description	Qualification
E1	0 – 10 m ³ (éléments < 1 m ³)	chute de blocs
E2	10 - 200 m ³ (éléments < 5 m ³)	éboulement
E3	200 - 5 000 m ³ (éléments < 10 m ³)	éboulement moyen
E4	5 000 – 500 000 m ³	éboulement de grande masse
E5	>500 000 m ³	éboulement catastrophique

La Table 4.3 indique la corrélation entre l'intensité du niveau d'aléa et les index définis pour les trois critères considérés.

Table 4.3: Signification des intensités d'aléa pour les trois critères considérés

Niveau d'aléa	Portée	Gravité	Périodes de retour associées aux phénomènes de glissements de terrain	Périodes de retour associées aux phénomènes d'éboulements et de chutes de blocs
faible	parade individuelle économiquement et techniquement	pas d'accident ou improbable	quelques (0 à 9) G1 tous les 10 ans environ G2 à G5 improbables	1 bloc tous les 100 ans
moyen	parade collective, supportable par quelques individus (immeuble collectif, petit lotissement)	accident isolé	quelques G1 tous les 5 ans environ quelques G2 tous les 10 ans environ un G3 tous les 50 à 100 ans G4 et G5 improbables	1 bloc tous les 50 ans ou plus
fort	cadre dépassant la parcelle, parade au coût prohibitif et technique difficile voire même pas de parade technique possible	quelques victimes minimum	Quelques G3 tous les 10 ans environ Un G4 tous les 50 à 100 ans ou quelques G4 tous les 100 ans environ Un G5 tous les 100 ans environ	1 bloc tous les 10 ans ou plus, associé à des phénomènes de type E1 à E3 Un E4 ou un E5 tous les 100 ans

L'ensemble des grilles de qualification ainsi que la définition de l'aléa ici présentés sont soumis pour validation aux agents de la DCA.

4.3 Méthodologie mise en place sur le terrain

La présente étude a pour objectif de préciser la cartographie de l'aléa de mouvements de terrain avec une précision cartographique de 1:5 000 à 1:2 000 sur l'ensemble de la zone d'investigation. Pour ce faire, un important travail d'observation naturaliste de terrain est demandé.

La phase de terrain (Phase 2 du projet) est prévue entre le 11 Avril et le 1^{er} Juillet 2022. Deux géologues de Fugro interviendront en rotation d'une durée de 4 semaines chacune. Une période de recouvrement de l'ordre de 1 jour sera mise en place à chaque rotation, journée durant laquelle les agents de la DCA seront conviés pour suivre et commenter l'évolution du travail de terrain. Le géologue interviendra en binôme avec un accompagnateur local. Cet accompagnateur aura un rôle sécuritaire (en évitant la condition de travailleur isolé) et un rôle de guide que ce soit en termes de connaissance des conditions d'accès qu'en termes de lien avec la population.

Afin de sécuriser l'acquisition des données de terrain, nous utiliserons un smartphone comprenant un GPS et le logiciel ArcGIS mais aussi une minute traditionnelle sur support papier. Pour chaque zone investiguée, le(s) type(s) de mouvements de terrain considérés seront mis en avant et cartographiés. Leur limite d'extension sur le terrain et d'action seront définies et cartographiées sur la minute de terrain.

Les outils mis en œuvre sur le terrain sont des outils classiques de travail d'observation naturaliste de géologue de terrain à savoir, un support cartographique (cartes topographiques, carte de cadastre, carte de sols, zonage existant), un GPS, un nécessaire pour la prise de vues photographiques, un marteau de géologue, une boussole...

En cas de mauvaise qualité du signal GPS (notamment en pied de falaise ou dans des zones fortement végétalisées), la localisation se basera sur la lecture des fonds cartographiques de type cadastre ou de l'image satellite la plus récente (2020).

Les tracés GPS des zones investiguées seront communiqués de manière régulière à la DCA (fréquence à définir).

En accord avec le CCTP, chaque zone initialement qualifiée comme ayant un aléa mouvements de terrain fort sera investiguée afin de confirmer (ou au contraire de déclasser) ce niveau d'aléa et d'en préciser ses limites. Une échelle de précision cartographique au 1/2 000 sera appliquée par défaut aux zones accessibles (fronts de coulées et pieds des versants de vallées). En cas de difficultés d'accessibilité à ces zones, une échelle au 1/5 000 sera appliquée. Dans les zones de flancs de vallées, seuls les secteurs accessibles ou comportant des habitations seront investigués.

En revanche, parmi les zones présentant un aléa moyen, seules les zones présélectionnées seront investiguées (voir méthodologie de présélection en partie 5). A noter qu'en fonction des observations faites sur le terrain, cette présélection pourra être revue et/ou modifiée en concertation avec la DCA afin de répondre au mieux à la demande d'investigation.

Dans le cas d'inaccessibilité à certains secteurs, l'absence d'observation directe sera contournée par une extrapolation des limites définies dans les zones environnantes. L'extrapolation se basera sur les données disponibles (topographiques, morphologiques, géologiques, hydrogéologie).

La méthodologie mise en place pour la présélection des zones de contrôle est développée dans la partie 5.

4.4 Exemple de fiche analytique

Chaque zone investiguée fera l'objet d'une fiche analytique. L'ensemble de ces fiches sera restitué lors du rapport final sous la forme d'un atlas.

Une fiche type (Figure 4.2 et Figure 4.3) est soumise à titre d'exemple dans le présent rapport pour validation aux agents de la DCA. Il est important de noter que des modifications mineures (notamment au niveau des fonds utilisés pour les illustrations) peuvent être apportées à cette fiche type une fois les investigations de terrain terminées. En cas de modification majeure, les agents de la DCA seront avertis pour validation.

Révision de l'aléa mouvements de terrain



Fiche N°

Révision de l'aléa mouvements de terrain	
Observations réalisées par : XXX	

Identification de la zone				
Fiche N°:	Commune :	Coordonnées Géographiques : X : / Y :	Point kilométrique le plus proche : PK	Date de la visite : -- / -- / 2022

Plan de situation

0 100 200 m

Fichier: 197115_MacdeleFiche_Loc.mxd

Limite de la zone d'étude
 ● Point kilométrique
 - - - - - Cadastre

Contexte
Topographie : Géologie : Géomorphologie : Hydrogéologie : Historique des évènements passés :

Observations de terrain

Figure 4.2: Fiche analytique type (1/2)



Révision de l'aléa mouvements de terrain

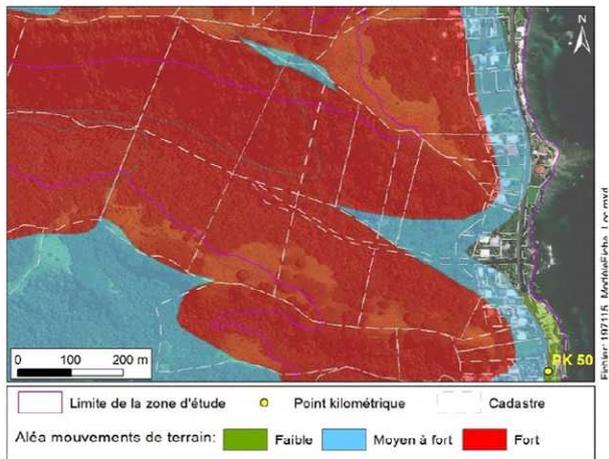
Fiche N°



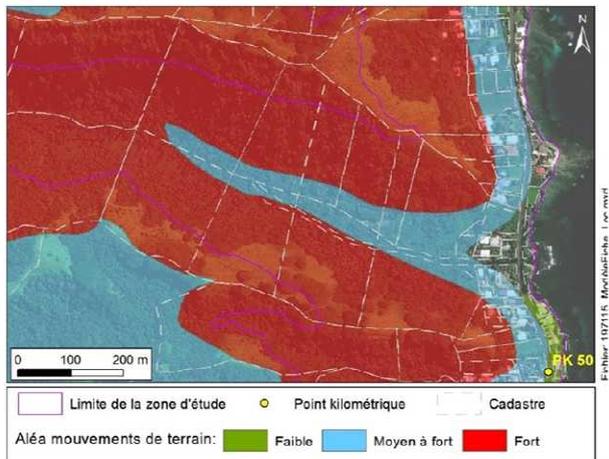
Type de mouvements de terrain considéré et niveau d'aléa

Cartographie de l'aléa

Cartographie initiale :



Cartographie mise à jour 2022 :



Nature de la modification et justification :

Illustrations

Figure 4.3: Fiche analytique type (2/2)



5. Présélection des zones de contrôle

5.1 Méthodologie de sélection des zones

L'objectif est l'identification des zones de contrôle terrain, en se fondant sur les données disponibles. Cette approche s'appuie sur :

- la caractérisation de l'aléa mouvements de terrain : cartographies de l'aléa réalisée en 2006 par le BRGM, la mise à jour réalisée par la DCA (2022) ; les observations de terrain réalisées lors des visites de sites menées par la DCA.
- les images satellites fournies permettant d'identifier les zones potentiellement impactées par des situations aggravantes : zones affectées par des phénomènes de mouvements de terrain, traces de ravinement ou de dénudation des sols, zones déboisées en sommet de versant ou de falaise, changements significatifs récents de la nature de l'occupation du sol dans une zone à risque,...).
- le modèle numérique de terrain fournissant des données géomorphologiques et notamment les pentes.
- les évènements déjà recensés sur la zone (BD_MVT).

5.1.1 Identification des zones mises à jour par la DCA

L'une des premières étapes de l'identification des sites à contrôler est la mise en évidence des secteurs modifiés par la DCA à partir de la cartographie de l'aléa mouvements de terrain établi par le BRGM en 2006. Dans ce but, nous avons comparé les deux cartographies sous SIG et une couche de « mise à jour » a été produite. A l'issue de cette analyse, 31 zones ont été identifiées et regroupées en 9 secteurs (Figure 5.1).

Dans la grande majorité des cas, les mises à jour ont porté sur le contour de l'aléa fort ; quelques secteurs d'aléa moyen à fort et d'aléa faible ont aussi fait l'objet de mises à jour.

La répartition de ces mises à jour montre qu'elles ont principalement été faites dans la commune de Faaone (secteur C à I de la Figure 5.1). Seuls deux secteurs ont fait l'objet de mises à jour sur la commune de Hitiaa (secteurs A et B de la Figure 5.1).

Dans le cadre de la présente étude, il est considéré que les modifications apportées par la DCA dans les 9 secteurs de la carte présentée en Figure 5.1 (secteurs A à I) constituent le référentiel des travaux de contrôle qui seront menés sur le terrain. Une vérification des limites modifiées sera quand même menée sur le terrain. En cas de « désaccord » notable entre les observations de terrain et les modifications effectuées par les agents de la DCA, une visite de terrain commune (géologue Fugro, agents de la DCA) sera envisagée.



Figure 5.1: Identification des secteurs, de la cartographie de l'aléa mouvement de terrain établie par le BRGM (2006), mise à jour par la DCA

5.1.2 Identification des zones à contrôler

L'identification des zones à contrôler sur le terrain a porté sur deux éléments (Figure 5.5) :

- l'identification des zones potentielles d'incohérence le long du tracé du contour de la zone d'aléa fort ;
- la localisation de tous les autres secteurs présentant des particularités à contrôler sur le terrain.

5.1.2.1 Identification des zones potentiellement incohérentes

A l'issue de l'analyse des précédentes études menées par le BRGM (cf. § 3.1), il a été établi que le critère de valeur de pente est à prendre en compte dans l'identification des secteurs où le tracé de la cartographie de l'aléa mouvements de terrain peut présenter des incohérences.

Ainsi, la carte des pentes issue du MNT à 5 m a été reclassée en 2 classes (Figure 5.2) : 0 – 20° (vert) et $\geq 20^\circ$ (rouge). Le contour de la classe de pente $\geq 20^\circ$ a été extrait et étendue de 25 m en aval de la pente (zone de réception, cf. §3.1). A noter que ces valeurs (pente/zone forfaitaire) restent indicatives et devront être ajustées sur le terrain notamment en fonction de la géologie (niveau d'altération des roches) et de la hauteur des talus/versants considérés.

A l'issue de ce processus, le contour ainsi obtenu est censé matérialiser « a minima » la limite d'extension des zones de plus fort aléa. En effet, conformément aux explications données dans les rapports du BRGM, 25 m constitue une distance minimale qui peut être étendue dans certaines conditions.

A ce stade, il est important de noter que la limite d'extension de « pentes $\geq 20^\circ$ + 25 m » (pour simplifier « zone de réception ») n'a pas valeur à matérialiser le contour de l'aléa fort mais est un guide permettant d'identifier et de localiser les possibles incohérences de la cartographie de l'aléa fournie. Cette limite ne servira pas de nouvelle limite cartographique, les contours seront modifiés sur la base d'observations de terrain.

Les Figure 5.3 et Figure 5.4 présentent le résultat de l'analyse cartographique des « écarts » des contours actuels de la classe d'aléa fort avec la limite d'extension de la zone de réception obtenue. Les zones identifiées correspondent aux « zones d'incohérence du contour d'aléa fort » des figures sus-citées.

En termes de répartition, environ 25% des zones présentant des incohérences potentielles sont identifiées sur la commune de Hitiaa et 75% sur la commune de Faone.

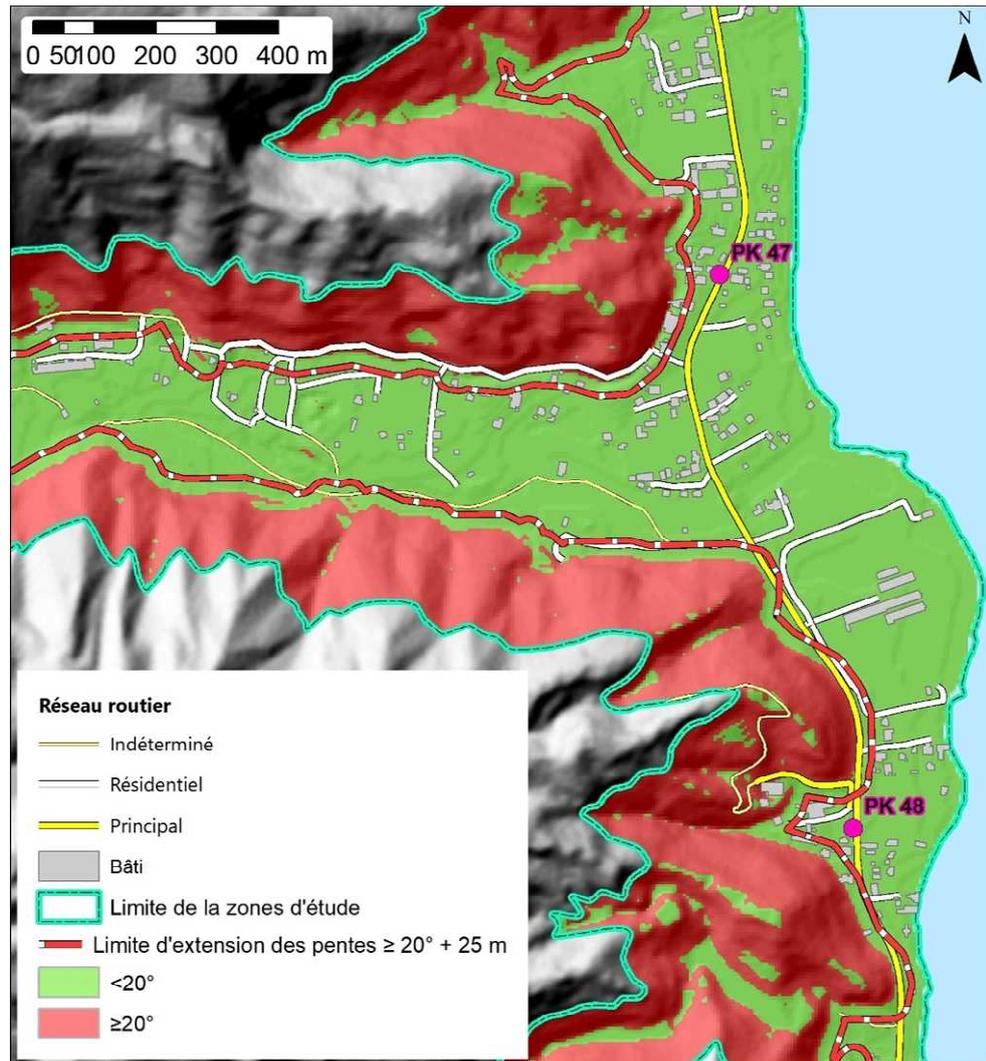


Figure 5.2: Définition de la zone d'extension des pentes $\geq 20^\circ$ étendue de 25 m (zone de réception)

5.1.2.2 Localisation de secteurs particuliers

En complément des secteurs dont le contour de l'aléa fort peut présenter des incohérences, il a été mené une analyse qualitative et plus générale de la cartographie des 3 classes d'aléa constituant la carte de l'aléa mouvements de terrain.

Ainsi plusieurs secteurs présentant des contours suspects, limitation d'extension semblant injustifiées, pentes fortes classées en aléa moyen, etc. ont été localisés à l'intérieur de la zone d'étude. Ces secteurs particuliers sont affichés dans les Figure 5.3 et Figure 5.4 sous la dénomination « zones particulières à contrôler ».

A l'issue de cette première phase de l'étude, il a été identifié 33 zones distinctes ce qui constitue autant de zones à contrôler en particulier, en plus des autres déjà identifiées.

A noter aussi que les informations fournies constituent un guide pour les contrôles de terrains et ne préjuge en rien de l'évaluation qui sera réalisée lors de ces contrôles.

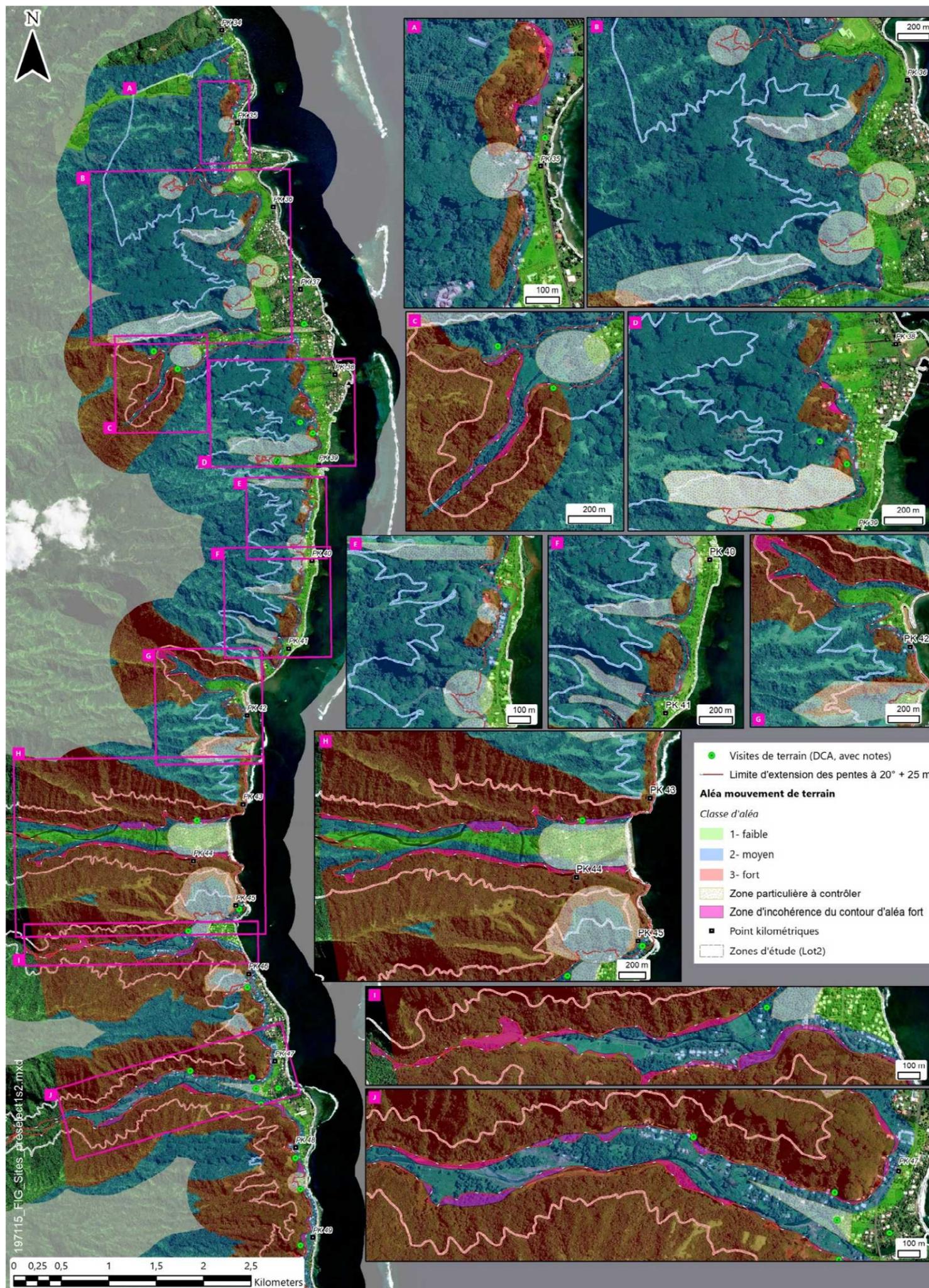


Figure 5.3: Identification des zones potentielles d'incohérence le long du tracé du contour de la zone d'aléa fort et localisation des zones présentant des particularités à contrôler sur le terrain (commune de Hitiaa et Nord Faone)

5.2 Zones de contrôle sur le terrain

En conclusion de cette section, il a été établi un inventaire préliminaire des zones de contrôle sur le terrain de la carte d'aléa mouvements de terrain.

La Figure 5.5 présente une vue générale des secteurs à contrôler, qui pour rappel sont les suivants :

- Le contour de la classe d'aléa fort qui inclus (mais ne s'y limite pas) les zones potentiellement incohérentes sur la base de l'analyse des données de pentes comme expliqué dans le §5.1.2.1 et représentées dans les Figure 5.3 et Figure 5.4 ;
- Les secteurs ou zones particulières associées à des contours suspects dans leur extension, limitation ou absence comme expliqué dans le §5.1.2.2 et représentés dans les Figure 5.3 et Figure 5.4 ;
- Toutes les zones non cartographiées dans la cartographie de l'aléa mouvements de terrain actuelle (partie amont de certaines vallées).



Figure 5.5: Identification des zones de contrôle sur le terrain

6. Déroulement des investigations de phase 2

La phase de terrain (Phase 2 du projet) est prévue entre le 11 Avril et le 1^{er} Juillet 2022 (soit sur 12 semaines). Deux géologues de Fugro interviendront en rotation d'une durée de 4 semaines chacune, soit 3 missions. Une période de recouvrement de l'ordre de 1 jour sera mise en place à chaque rotation.

Le géologue n°1 interviendra 2 fois 4 semaines (mission 1 et mission 3) alors que le géologue n°2 n'interviendra que 4 semaines lors de la mission 2.

	Avril				Mai				Juin				
Semaine n°:	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Géologue 1 : Cédric Duvail		du 11/04 au 10/05								du 06/06 au 01/07			
Géologue 2 : Lucie Baudouy						du 10/05 au 06/06							

Journées de recouvrement : le 10/05 (M1/M2)
le 06/06 (M2/M3)

Figure 6.1: Planning prévisionnel d'intervention sur le terrain

La zone d'investigation est alors découpée en trois secteurs qui correspondent à des subdivisions morphologiques :

- un secteur Sud (entre le PK53 et le PK48), dominé par la présence de fronts de planèze ;
- un secteur central (entre le PK48 et le PK41), dominé par la présence de versants ;
- un secteur Nord (entre le PK41 et le PK34), dominé par la présence de fronts de planèze (à l'exception des versants en partie aval de la rivière Mahateaho).

Les secteurs Sud et Nord sont dominés par des morphologies similaires de fronts de planèze et seront investigués par le géologue n°1 lors de la première et troisième mission. Le secteur central sera investigué par le géologue n°2 lors de la deuxième mission. Cette répartition permet de renforcer l'homogénéité des descriptions pour des environnements similaires.

Afin d'acquérir une vision d'ensemble pour chacun des géologues, certaines zones clefs seront visitées en tout début de première mission et durant les journées de recouvrement.