



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès différé

Appuis techniques relatifs aux aléas naturels en Polynésie française

Rapport final

BRGM/RP-72966-FR

Version 1 du 27 juillet 2023

Étude réalisée dans le cadre des opérations de service public du BRGM

Bernon N., Garnier C.

Vérificateur :

Nom : S. GOURDIER

Fonction : Resp. d'unité DRP / RIG

Date : 03/08/2023

Signature :

Approbateur :

Nom : C. PROGNON

Fonction : Directrice adjointe DAT/OMR

Date : 23/08/2023

Signature :

Le système de management de la qualité et de l'environnement du BRGM est certifié selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr

Avertissement

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur, au nombre d'exemplaires prévu.

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la réglementation en vigueur et/ou les termes de la convention.

Le BRGM ne saurait être tenu comme responsable de la divulgation du contenu de ce rapport à un tiers qui ne soit pas de son fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse <https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctq> ou par ce code :



Mots clés : Expertise, Mouvement de terrain, chutes de blocs, Plan de Prévention des Risques naturels, Polynésie française, Tahiti, Moorea

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Bernon N., Garnier C. (2023) - Appuis techniques relatifs aux aléas naturels en Polynésie française. Rapport final V1. BRGM/RP-72966-FR, 32 p, 8 ill., 1 ann.

Synthèse

Le BRGM, par le biais de sa Direction Régionale Nouvelle-Aquitaine et dans le cadre d'une convention signée le 8 juillet 2022, apporte à la Polynésie française (pour le compte de la Direction de la Construction et de l'Aménagement, DCA) son expertise technique dans le domaine des aléas naturels, et plus particulièrement des aléas gravitaires (mouvements de terrain).

Le programme de travail s'est articulé autour d'une tranche ferme et d'une tranche conditionnelle :

- **tranche ferme** : la mission vise à effectuer une expertise de l'étude technique (avis sur dossier), produite par ApiGEO, concernant le projet de lotissement Tihu Uti (commune de Punaaiua) : dossier référencé A152-SW-19, « Diagnostic et préconisations géotechniques G5 - zone rouge - Talus amont du lotissement TiHu'Uti, commune de Punaaiua » de 2021. Cette étude vise à requalifier l'aléa "mouvements de terrain", cartographié majoritairement en aléa fort dans le cadre du Plan de Prévention des Risques de la commune (approuvé en date du 25/03/2010).

L'analyse menée a conduit à soulever un certain nombre de lacunes dans le dossier étudié et à émettre plusieurs recommandations visant à permettre une meilleure caractérisation et prise en compte des aléas "mouvements de terrain" sur le site. Cette analyse a fait l'objet d'un premier rapport (rapport BRGM/RP-72175-FR, octobre 2022).

- **tranche conditionnelle** : l'appui réalisé dans le cadre de cette tranche conditionnelle porte sur la réalisation d'expertises de terrain visant à préciser la qualification des aléas "mouvements de terrain" dans différents secteurs de Tahiti et Moorea. Cet appui a donné lieu à des visites de terrain, conjointes avec les représentantes de la DCA, du 6 au 10 mars 2023, dont les résultats sont synthétisés au sein de fiches présentées en annexe.

Sommaire

1. Introduction	7
2. Avis relatif au lotissement Tihu Utu (Punaauia) - Tranche ferme	9
2.1 Contexte	9
2.2 Moyens mis en œuvre	10
2.3 Analyse de l'étude ApiGEO n°A152-SW-19 (2021)	11
2.3.1 Secteur d'étude	11
2.3.2 Phénomènes naturels étudiés	13
2.3.3 Nature des investigations réalisées	14
2.3.4 Analyse de la méthodologie d'appréciation du risque	16
2.3.5 Analyse des solutions techniques d'aménagement proposées	17
2.4 Conclusion relative à l'examen de l'étude ApiGEO A152-SW-19 du 25 mars 2021	23
3. Avis relatif au zonage des aléas "mouvements de terrain" dans plusieurs secteurs - Tranche conditionnelle	25
3.1 Objectif	25
3.2 Résultats	25
4. Conclusion	27
5. Bibliographie	29
6. Annexes	31

Liste des figures

Figure 1 - Extrait de la cartographie du zonage du Plan de Prévention des Risques naturels de la commune de Punaauia (ApiGEO, 2021)	9
Figure 2 - Secteur d'étude considéré, extrait de l'étude ApiGEO A152-SW-19 (2021)	11
Figure 3 - Bonnes pratiques en matière de délimitation de la zone d'étude pour des études ponctuelles d'aléas (Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, 2015)	12
Figure 4 - Tracés GPS des visites effectuées (ApiGEO, 2021)	15
Figure 5 - Récapitulatif de l'inspection visuelle (ApiGEO, 2021)	15
Figure 6 - Cartographie des obstacles simulés à l'échelle du versant nord (en haut), résultat obtenu pour le site B1 (en bas) (ApiGEO, 2021)	18
Figure 7 - Extraits de l'interface du logiciel de cartographie, transmis par la DCA, absents du rapport A156-SW-19 (ApiGEO, 2021)	20
Figure 8 - Localisation des sites concernés par l'expertise de terrain (fond cartographique ©IGN)	26

1. Introduction

Le BRGM, par le biais de sa Direction régionale Nouvelle-Aquitaine et dans le cadre d'une convention signée le 8 juillet 2022, apporte à la Polynésie française (pour le compte de la Direction de la Construction et de l'Aménagement, DCA) son expertise technique dans le domaine des aléas naturels, et plus particulièrement des aléas gravitaires (mouvements de terrain).

Le programme de travail s'articule autour d'une tranche ferme et d'une tranche conditionnelle :

- **tranche ferme** : la mission vise à effectuer une expertise de l'étude technique (avis sur dossier), produite par ApiGEO, concernant le projet de lotissement Tihu Uti (commune de Punaaiua) : dossier référencé A152-SW-19, « Diagnostic et préconisations géotechniques G5 - zone rouge - Talus amont du lotissement TiHu'Uti, commune de Punaaiua », 2021. Cette étude vise à requalifier l'aléa "mouvements de terrain", cartographié majoritairement en aléa fort dans le cadre du Plan de Prévention des Risques de la commune (approuvé en date du 25/03/2010).

La mission s'est articulée en trois étapes :

- la prise en connaissance des différentes études et données disponibles à l'échelle du micro-bassin de risques, à partir notamment des éléments transmis par la DCA ;
- l'expertise technique sur le contenu de l'étude ApiGEO, à travers l'examen des outils et méthodes mis en œuvre, des hypothèses retenues, des résultats obtenus et de leur interprétation, y compris en matière de solutions de sécurisation proposées ;
- la définition d'éventuels compléments d'études, dont la mise en œuvre est jugée nécessaire (après les deux premières étapes) pour pallier les manques constatés à la lecture de l'étude ApiGEO.

Cette analyse a fait l'objet du rapport BRGM/RP-72175-FR, daté d'octobre 2022, dont le contenu est repris dans le présent document.

- **tranche conditionnelle** : l'appui réalisé dans le cadre de cette tranche conditionnelle porte sur la réalisation d'expertises de terrain visant à préciser la qualification des aléas "mouvements de terrain" dans différents secteurs de Tahiti et Moorea. Cet appui a donné lieu à des visites de terrain, conjointes avec les représentantes de la DCA, du 6 au 10 mars 2023.

Le présent rapport restitue les résultats de ces différents appuis (tranches ferme et conditionnelle).

2. Avis relatif au lotissement Tihu Utu (Punaauia) - Tranche ferme

2.1 CONTEXTE

La DCA a sollicité le BRGM pour une expertise (avis sur dossier) de l'étude technique n°A152-SW-19, « Diagnostic et préconisations géotechniques G5 - Zone rouge - Talus amont du lotissement Tihu'Uti - Commune de Punaauia » (ApiGEO, 25/03/2021).

Transmise au BRGM par voie électronique en décembre 2021, cette étude (commanditée par le promoteur immobilier du projet de lotissement) vise à requalifier l'aléa "mouvement de terrain" au droit du lotissement Tihu Utu, cartographié majoritairement en aléa fort "mouvement de terrain" dans le Plan de Prévention des Risques naturels (PPR) de la commune de Punaauia, approuvé le 25 mars 2010 (Figure 1).

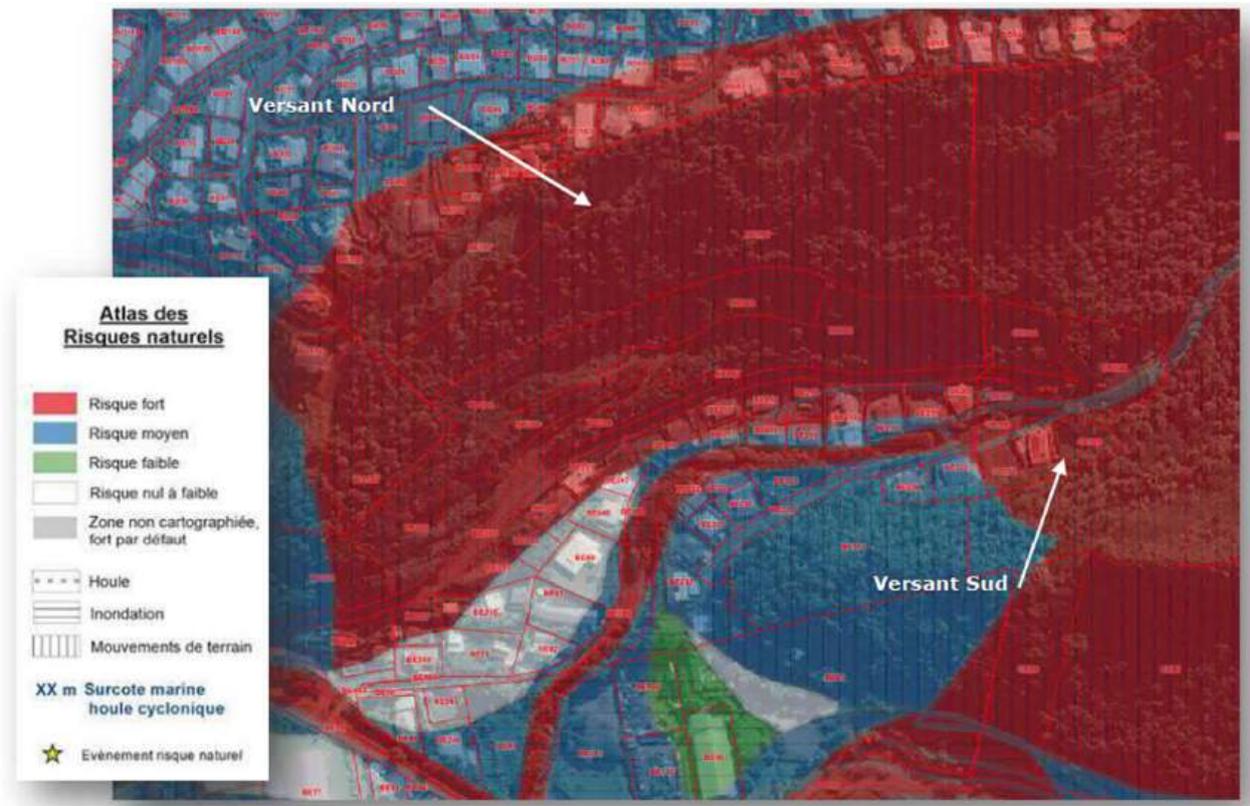


Figure 1 - Extrait de la cartographie du zonage du Plan de Prévention des Risques naturels de la commune de Punaauia (ApiGEO, 2021)

L'étude propose notamment des travaux de sécurisation s'appuyant sur des modélisations trajectographiques de chute de blocs, des propositions de modification de la topographie et la mise en œuvre de parades géotechniques, dans l'objectif de « réduire et limiter les incidences liées au classement en « risque fort » de la zone concernée » (ApiGEO, 2021).

Bien que l'expertise proprement dite sera menée uniquement sur l'étude technique ApiGEO n°A152-SW-19 (25/03/2021), plusieurs études antérieures, menées au droit du projet de lotissement, ont été communiquées par la DCA, couvrant la période 2008 - 2021.

Ce fond documentaire a pu être potentiellement exploité en tant qu'élément de contexte, si nécessaire, notamment lorsque l'étude ApiGEO n°A152-SW-19 y fait référence, ou dès lors que son contenu est susceptible d'apporter des éléments éclairants, de nature à alimenter la réflexion menée. Les documents ainsi mis à disposition par la DCA ont été uniquement consultés dans l'objectif d'améliorer la compréhension du contexte et de la problématique du site, et n'ont pas fait l'objet d'une analyse de détail qui dépasserait le cadre de la présente expertise.

2.2 MOYENS MIS EN ŒUVRE

Après une prise de connaissance de l'étude et de son contexte, l'expertise du contenu de l'étude ApiGEO n°A152-SW-19 (2021) vise à l'examen de la pertinence des outils et méthodes mis en œuvre, de la validité des hypothèses retenues, de la cohérence des résultats obtenus et de leur interprétation au regard des caractéristiques et de la problématique "mouvement de terrain" du site, y compris en matière de solutions de sécurisation proposées. Cet avis sur dossier est réalisé sans visite spécifique du site, ni démarche calculatoire particulière (modélisation, trajectographie), ne produisant ainsi aucune connaissance supplémentaire. Ainsi, l'analyse porte sur l'ensemble des champs abordés par l'étude, notamment :

- analyse du périmètre du secteur d'étude, comparativement aux définitions de micro-bassin de risque et/ou de la zone d'influence géotechnique (selon la norme NF P94-500) ;
- analyse de la localisation et de la nature des investigations réalisées au regard du contexte géologique et de l'extension du micro-bassin de risque ;
- analyse des solutions de sécurisation proposées (localisations, natures, principes de dimensionnement) au regard du contexte géologique, de l'extension du micro-bassin de risque et de l'aléa "mouvement de terrain" actuel ;
- analyse des méthodes et techniques mises en œuvre pour caractériser l'aléa "mouvement de terrain" après la réalisation des solutions de sécurisation projetées ;
- analyse des résultats obtenus conduisant à une modification du niveau d'aléa après la réalisation des solutions de sécurisation projetées.

L'expertise s'appuie sur les documents de référence suivants :

- Caractérisation de l'aléa éboulement rocheux - Etat de l'art - Cerema, 2020 ;
- Collectif (Groupe de travail MEZAP). Guide technique MEZAP. Caractérisation de l'aléa rocheux dans le cadre d'un Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN) ou d'un Porter à connaissance (PAC). BRGM, 2021 ;
- Guide pratique - Versants rocheux - Phénomènes, aléas, risques et méthodes de gestion - Ministère en charge de l'Environnement, 2015 ;
- Guide général - Plans de Prévention des Risques Naturels Prévisibles (PPR). Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement Ministère de l'Équipement, du Transport et du Logement, 1997 ;
- Guide méthodologique - Plans de prévention des risques naturels (PPR) - Risques de mouvements de terrain - Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement Ministère de l'Équipement, du Transport et du Logement, 1999 ;
- Guide technique - Parades contre les instabilités rocheuses : chutes de pierres, chutes de blocs, éboulements - LCPC, 2001.

Les références complètes de ces documents sont fournies au chapitre 5.

2.3 ANALYSE DE L'ETUDE APIGEO N°A152-SW-19 (2021)

2.3.1 Secteur d'étude

a) Analyse du secteur étudié

L'étude ApiGEO A152-SW-19 du 25/03/2021 désigne le secteur d'étude comme « *les talus amont de la zone de construction* » concernés par le lotissement Tihu Utu.

Située dans la vallée de la rivière Matatia, dans la commune de Punaauia, l'étude porte particulièrement sur (Figure 2, ApiGEO, 2021) :

- le versant nord constitué d'une surface d'environ 85 000 m² ;
- le versant sud, à l'amont du lot 20, pour une surface de 5 000 m².

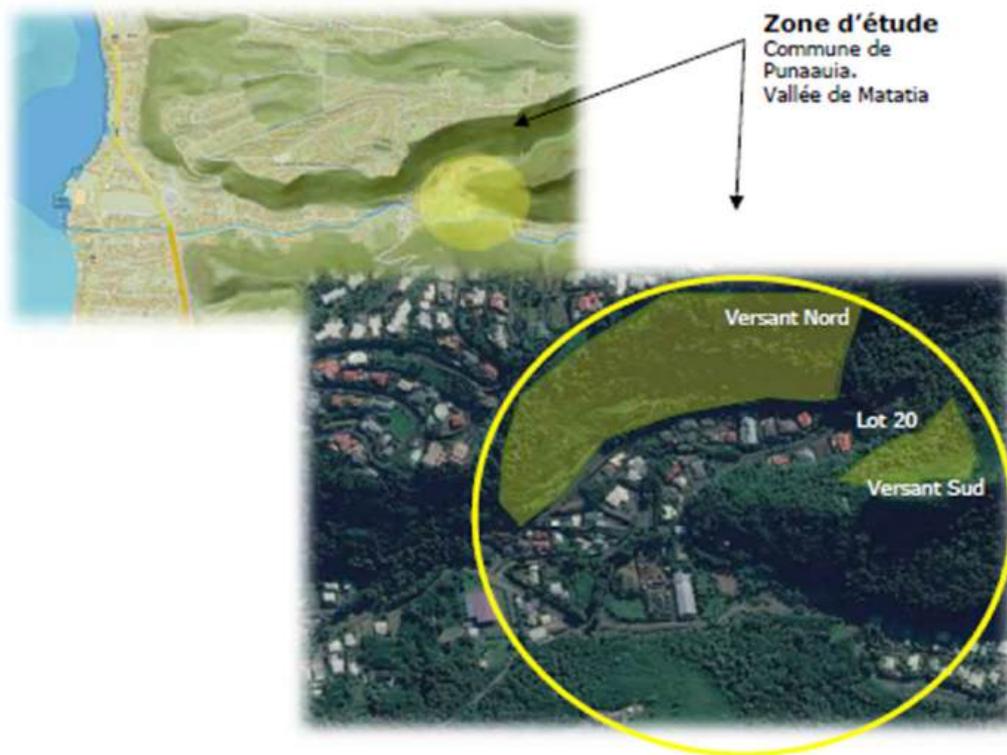


Figure 2 - Secteur d'étude considéré, extrait de l'étude ApiGEO A152-SW-19 (2021)

L'objectif de l'étude est d'« *établir le diagnostic de la configuration géologique de ces deux versants de façon à élaborer des solutions techniques de sécurisation les plus adaptées visant à réduire et à limiter les incidences liées au classement en « risque fort » de la zone concernée* » du PPR approuvé de la commune de Punaauia (ApiGEO, 2021). Le rapport l'inscrit dans une mission de diagnostic et préconisations géotechniques G5.

A l'exception de l'illustration reportée ci-dessus (Figure 2), l'étude ApiGEO (2021) ne fournit aucune indication précise quant à la délimitation du secteur d'étude et ne justifie pas techniquement son emprise.

b) *Recommandations pour la délimitation du secteur d'étude*

Dans le cadre d'une étude ponctuelle d'aléa, liée au versant rocheux, le Guide pratique « Versants rocheux : phénomènes, aléas, risques et méthode de gestion » (Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, 2015) recommande, pour la délimitation de la zone d'étude :

Études ponctuelles d'aléas

La **délimitation de la zone d'étude** est essentielle à la bonne conduite de l'étude et présente un caractère contractuel. Elle nécessite donc en général une réunion préalable et une visite de la zone concernée :

- les limites seront de préférence calées sur des limites topographiques et morphologiques caractéristiques et significatives vis-à-vis de la localisation et de l'évaluation de l'aléa d'éboulement et de propagation (lignes de talwegs et de crêtes définissant un découpage naturel du site) ;
- à défaut d'être connues ou déterminées par le Maître d'Ouvrage, les limites devront être précisées explicitement dans la proposition d'étude ;
- il peut s'avérer nécessaire de modifier la délimitation au cours de l'étude en fonction des données mises en évidence par celle-ci. Ces nouvelles limites feront l'objet d'une procédure de validation par le donneur d'ordre ;
- les instabilités observées à l'extérieur du périmètre d'étude lors des phases de travail sur le terrain seront portées à connaissance du donneur d'ordre.

Figure 3 - *Bonnes pratiques en matière de délimitation de la zone d'étude pour des études ponctuelles d'aléas (Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, 2015)*

Idéalement, une étude d'aléa porte sur l'intégralité de la « zone d'influence géotechnique », ou du « bassin de risque », qui trouvent dans la littérature les définitions présentées ci-après.

La norme NF P 94-500 (2013) détermine la zone d'influence géotechnique (ZIG), identifiée comme « *volume de terrain au sein duquel il y a interaction entre d'une part l'ouvrage ou l'aménagement de terrain (du fait de sa réalisation et de son exploitation) et d'autre part, l'environnement (sols, ouvrages, aménagements de terrains ou biens environnants). La forme et l'extension de cette zone d'influence géotechnique sont spécifiques à chaque site et à chaque ouvrage ou aménagement de terrain* ».

Le guide méthodologique PPR - Risques de mouvements de terrain (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement Ministère de l'Équipement, du Transport et du Logement, 1999) indique « *Le zonage réglementaire du PPR repose sur l'estimation des risques qui dépend de l'analyse des phénomènes naturels susceptibles de se produire et de leurs conséquences possibles au plan de l'occupation des sols et de la sécurité publique. Cette analyse comprend [...] la détermination du bassin de risque et du périmètre d'étude* ». Il précise ensuite : « *[...] il est opportun d'analyser le ou les phénomènes pris en compte sur la totalité de l'unité physique [...]. Cette unité que l'on peut qualifier de bassin d'aléa ou par extension de bassin de risque peut être définie et délimitée à partir d'un contexte géologique, morphologique et structural où les facteurs d'instabilité, les mécanismes de rupture ou de propagation sont similaires.* ».

Enfin, le guide technique MEZAP (2021) ajoute « *Il peut donc être nécessaire d'étendre les investigations au-delà du périmètre d'étude* ».

La délimitation de la zone d'étude nécessiterait d'être précisée, sur la base de ces définitions, considérant notamment les phénomènes en présence, au droit et autour de la zone d'intérêt, concernée directement par le projet d'aménagement et/ou de construction. L'ensemble des terrains visés par le projet proprement dit, les terrains situés en amont (bande de terrain en sommet de versant susceptible d'être impactée par le projet), en aval (jusqu'au thalweg) et latéraux où tout mouvement de terrain, en se propageant ou par régression de pente, pourrait induire des conséquences préjudiciables sur le projet, et où le projet lui-même pourrait générer des instabilités, doivent être considérés comme constitutive de la ZIG et devraient constituer le secteur d'étude. Pour l'aléa rocheux, le guide technique MEZAP (2021) propose l'identification des zones potentiellement exposées (de départ et de propagation potentielles) s'appuyant sur un Modèle Numérique de Terrain (MNT), la connaissance du terrain et le principe de la ligne d'énergie.

2.3.2 Phénomènes naturels étudiés

a) Analyse de la nature des aléas identifiés

Le chapitre 4 de l'étude ApiGEO (2021) rapporte les phénomènes d'instabilités potentielles du site : « *l'observation du talus considéré ne montre pas de signes apparents d'instabilité de grande masse. L'aléa potentiel récurrent examiné est la chute de blocs* ».

Le fond documentaire met en exergue l'existence d'un aléa "glissement de terrain" et des observations d'évènements de cette nature, affectant des colluvions présents dans le versant nord. Des travaux de terrassement et des confortements ont été réalisés dans l'objectif de réduire l'aléa "instabilité en grande masse" (Procès-verbal de visite du LTPP n°10/700, 2010 ; avis technique n°12/0184, 2012 ; avis technique n°12/0379, 2012 ; avis technique n°12/0583, 2012 ; avis technique n°12/0678, 2012). L'avis technique n°12/0678 (LTPP, 2012) conclut à l'atteinte de l'objectif de réduction de l'aléa "instabilité en grande masse", mais souligne le caractère inévitable de phénomènes localisés (loupes de glissement, chute de blocs, érosion) compte-tenu de l'aléa fort à très fort pour le versant amont.

Au cours de la période 2017-2019, des investigations portant sur le phénomène de glissement de terrain, affectant le versant nord, ont été réalisées. L'étude BEGETech n°1805169 de janvier 2019 et la note complémentaire au rapport de mars / avril 2019 ont consisté à opérer de nouvelles investigations : observations de terrain, sondages carottés, essais en laboratoire et calculs de stabilité de pente. Ces investigations conduisent à proposer la mise en œuvre de parades et de terrassements destinés à modifier le niveau d'aléa. Les éléments avancés ont toutefois été jugés irrecevables par la DCA (note n°001020 MLA/SAU.EP).

L'aléa "chute de blocs" est quant à lui reconnu : « *ces phénomènes affectent prioritairement la partie en contrebas des barres rocheuses identifiées. Les blocs, de taille variable (décimétriques à métriques), se retrouvent à l'aval.* » (ApiGEO, 2021). La barre rocheuse localisée en partie haute du versant est identifiée comme la zone de départ de masses rocheuses, les blocs potentiellement mobilisables, situés dans la pente du versant, ne sont pas signalés explicitement. Il est cependant reporté : « *l'ensemble du talus concerné est constitué de formations basaltiques sensibles à très sensibles aux phénomènes d'érosion. L'altération des formations déjà entamées pour certaines zones, constitue un signe potentiel de problèmes d'instabilités futures.* ».

b) *Recommandations sur la nature des aléas identifiés*

D'un point de vue sémantique, il conviendrait d'éclaircir l'emploi du terme de « talus », qui semble désigner parfois le versant dans son ensemble, parfois les terrains en fortes pentes résultant des travaux de terrassement. Par ailleurs, la notion d'« *instabilité de grande masse* » est sujette à interprétation : elle ne permet pas d'identifier précisément le(s) phénomène(s) et les volumes potentiellement mobilisables. D'une manière générale, il apparaît nécessaire de préciser autant que possible les intensités et probabilités d'occurrence des différents aléas identifiés, selon les classes proposées dans les documents de référence (cf. chapitre 2.2).

La non considération de l'aléa "glissement de terrain" dans l'étude ApiGEO A152-SW-19 (2021) peut être questionnée. L'historique du secteur d'étude vis-à-vis de cet aléa aurait mérité d'être rappelé, et les éléments conduisant à écarter ce phénomène de l'étude objectivement présentés. En outre, l'étude n°12/0678 (LTTP, 2012) conclut à une réduction de « *l'aléa instabilité de grande masse* » (visant *a priori* les glissements de terrain et les chutes de blocs) après la réalisation de travaux de terrassement, ce qui n'exclut pas la présence d'un risque résiduel pour ces phénomènes (intensité et probabilité d'occurrence non précisées).

Pour la suite de l'analyse, il sera considéré que le diagnostic et les recommandations, objet du rapport ApiGEO A152-SW-19 (2021), ne portent que sur l'aléa "chute de blocs".

L'aléa "chute de blocs" est clairement abordé dans l'étude ApiGEO (2021), évoquant la zone de départ d'éléments rocheux et la zone de propagation potentielle. Une cartographie détaillée aurait été nécessaire pour apprécier de façon plus fine l'aléa "chute de blocs" à l'échelle du bassin de risque, rappelant les observations de terrain, et identifiant clairement les zones de départ potentielles, ainsi que la délimitation des zones de propagation et d'atteinte potentielles. On notera que la carte synthétique des observations proposée (Figure 5) expose une partie de ces informations sur la base des observations de terrain.

2.3.3 Nature des investigations réalisées

a) *Analyse des reconnaissances effectuées*

Le chapitre 3.3 de l'étude ApiGEO (2021) reporte des constats effectués sur le terrain au sein des versants, depuis l'amont vers l'aval, faisant état des cheminements réalisés (Figure 4) et des observations d'ordre géomorphologique et phénoménologique. Une carte synthétise ces différentes observations (Figure 5).

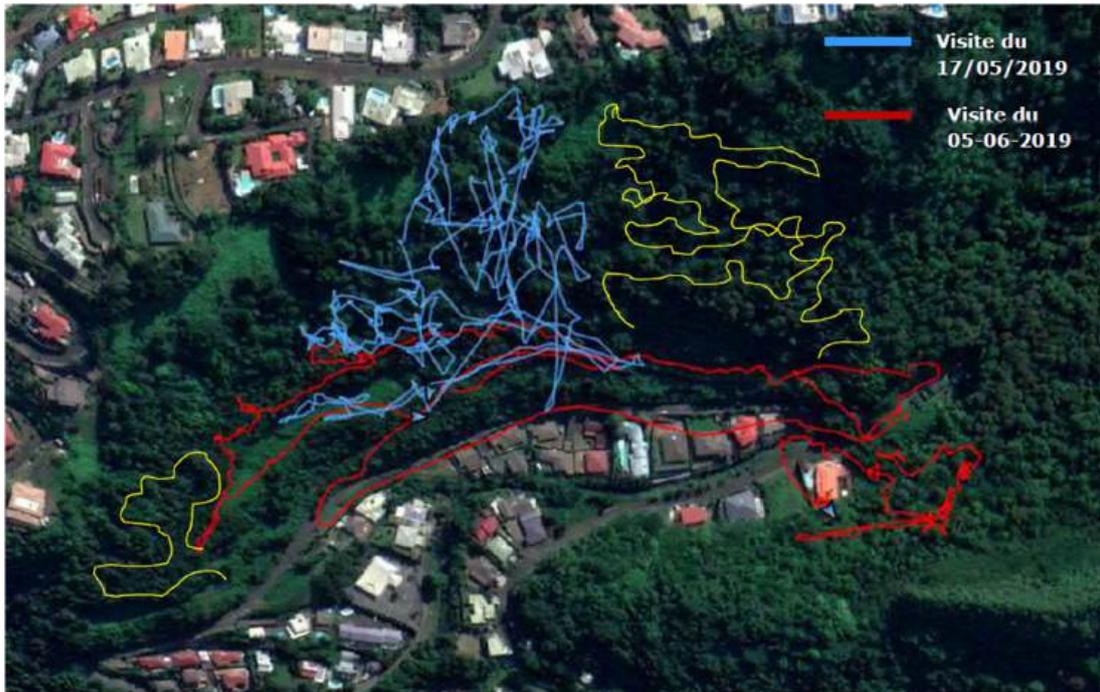


Figure 4 - Tracés GPS des visites effectuées (ApiGEO, 2021)

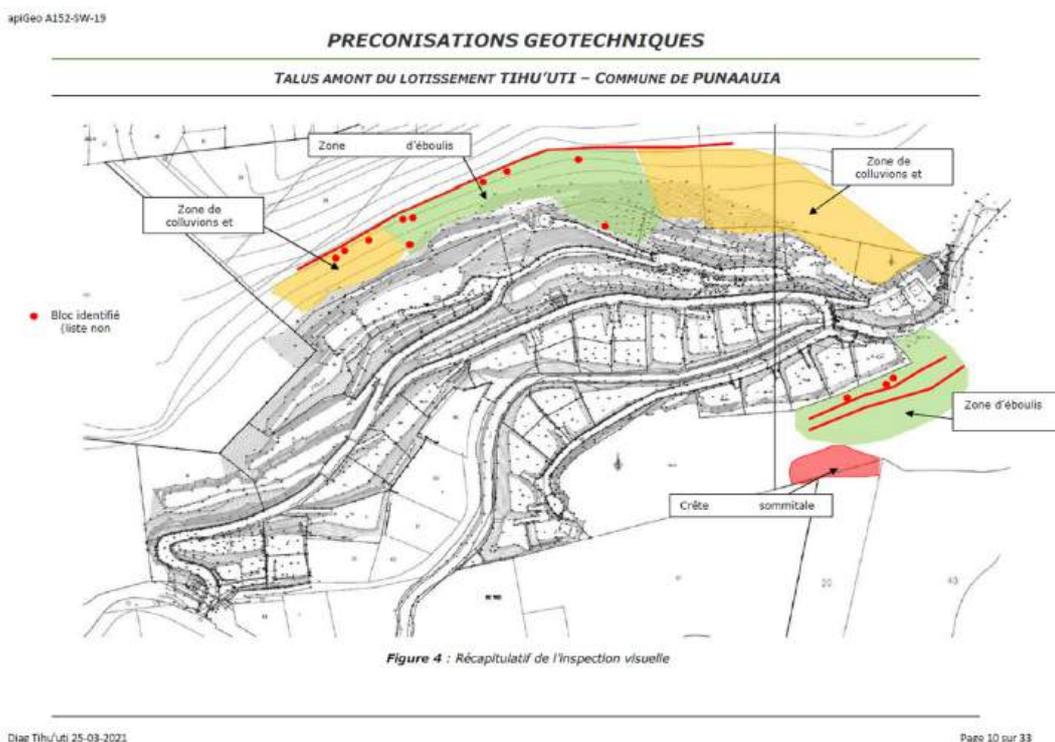


Figure 5 - Récapitulatif de l'inspection visuelle (ApiGEO, 2021)

Les observations réalisées rapportent des informations pertinentes vis-à-vis de l'aléa "chute de blocs", notamment : la nature des sols constitutifs du versant, l'identification d'une barre rocheuse en tant que zone de départ et son degré d'altération, l'existence de blocs de tailles décimétrique à métrique et des indices d'activité de mouvement de terrain, dans la pente du versant. Ces éléments ne couvrent cependant pas l'intégralité du secteur d'étude.

b) Recommandations

La carte des cheminements effectués (Figure 4) interroge : la trace GPS jaune n'est pas légendée. Par ailleurs, il est noté l'absence d'observation reportée dans les parties basse, médiane et latérales des versants sur la carte synthétique. En l'absence d'observation jugée pertinente, il aurait été préférable de le mentionner pour écarter toute incertitude.

Une cartographie détaillée et la plus exhaustive possible des observations effectuées est recommandée, avec une topographie actuelle et qualifiée (méthode de levé, précision, échelle...), localisant la barre rocheuse et toutes les zones de dépôts potentielles de masses rocheuses, ses dimensions, les indices d'instabilité en présence (discontinuités, degré d'altération, éléments à la stabilité précaire, cicatrices d'évènements passés en paroi...), et indiquant dans le versant les masses rocheuses existantes, les couloirs de propagation observés, les irrégularités topographiques, les zones d'atteinte des blocs en aval, et d'une manière générale, tout élément susceptible de caractériser l'aléa "chute de blocs" qui affecte le secteur d'étude. Il convient enfin de restituer ces éléments sur un document cartographique à une échelle adaptée.

2.3.4 Analyse de la méthodologie d'appréciation du risque

a) Méthodologie d'appréciation du risque

Le chapitre 4 de l'étude ApiGEO (2021) expose qu'un « *état des lieux reste à prévoir régulièrement, à échéance de 1 à 2 saisons des pluies ou de phénomènes climatiques à caractère exceptionnel* ». La clause de réserve en chapitre 6 formule par ailleurs que « *les conclusions du présent rapport sont valables pour une durée d'un (1) an* ». Il préconise qu'« *au-delà de ce délai ou en cas de modifications ou travaux concernant la zone du projet ou ses terrains avoisinants,* » [...] « *de faire réaliser par un bureau d'étude géotechnique spécialisé, une mission visant à évaluer les éventuelles évolutions des conditions géologiques et géotechniques et leurs conséquences sur le projet* ».

Il propose ensuite une caractérisation de l'aléa en trois niveaux « *faible, moyen et important* », et considère que « *dans le contexte géologique étudié, l'aléa érosion est représenté par des phénomènes de chute de blocs localisé en contrebas des barres rocheuses (zone de départ), de taille décimétrique à métrique, constituant un aléa important mais occasionnel* ».

Enfin, le chapitre 4.5 conclut que, prenant en compte les enjeux humains et des biens matériels exposés, le « *classement de risque fort peut être abaissé au niveau d'un risque moyen par la mise en œuvre de travaux visant à réduire l'aléa et à abaisser l'exposition des biens et des personnes situés en aval de la zone à risque* ».

b) Recommandations

Le caractère temporaire de l'étude est à souligner, susceptible de rendre ses résultats et recommandations caduques au-delà des échéances mentionnées (1 an à compter du 21/03/2021). En conséquence, une actualisation de l'étude serait nécessaire pour prendre en compte les caractéristiques actuelles du site et ses éventuelles évolutions depuis sa date de réalisation. A cette occasion, les recommandations proposées dans la présente analyse de l'étude pourraient être suivies.

Les termes utilisés pour qualifier l'aléa ne sont pas ceux recommandés dans le guide PPRn « Mouvements de terrain » (1999), ni ceux décrits récemment dans la méthode du Guide technique MEZAP (2021). Il conviendrait de se conformer aux définitions employées dans ces documents de référence pour retranscrire le plus précisément l'aléa en présence. En

l'occurrence, les adjectifs « *important* », et « *occasionnel* », relatifs à l'aléa, ne sont pas explicités et peuvent être sujets à interprétation.

Enfin, le guide PPRn « Mouvements de terrain » (1999) explique que dans les zones protégées et stabilisées, la délimitation de l'aléa doit être établie sans tenir compte des ouvrages. La considération des parades actives et passives, et par extension de tous types d'aménagements réalisés, ne sont donc pas de nature à réduire l'aléa, mais peuvent cependant être pris en compte dans le plan de zonage réglementaire.

2.3.5 Analyse des solutions techniques d'aménagement proposées

a) Principes d'aménagement retenus (ApiGEO, 2021)

Pour le versant nord, les principes d'aménagement proposés sont (ApiGEO, 2021) :

- « *Purge manuelle du talus afin d'évacuer les blocs instables.*
- *Terrassement de redans (en doubles redans) de 4 m de largeur en tête de talus, associés à un piège à cailloux. »*

L'implantation de ces redans est précisée : « *deux redans superposés aux cotes respectives de 119 et 126 et ayant 4 m de large à chaque palier [...]. Ces redans seront associés à un piège à cailloux (merlon ou fosse de réception) qui sera réalisé au niveau du redan inférieur. »*.

La mise en œuvre de ces principes s'accompagne d'un « *maintien de la végétation en place* » et d'un « *diagnostic régulier de l'ensemble de la zone (tous les 2 ans)* ».

Il est enfin indiqué que « *ces dispositions permettront de réduire le risque de fort à moyen* ».

Pour le versant sud, les solutions techniques envisagées sont (ApiGEO, 2021) :

- « *Purge manuelle du talus afin d'évacuer les blocs instables.*
- *Mise en place d'un écran déformable de classe 2 au niveau de la barre rocheuse inférieure.*
- *Mise en place d'un écran rigide type mur en béton armé à l'amont immédiat du terrassement du lot 20. »*

La mise en œuvre de ces principes s'accompagne d'un « *maintien de la végétation en place* » et d'un « *diagnostic régulier de l'ensemble de la zone (tous les 2 ans)* ».

Il est enfin indiqué que « *ces dispositions permettront de réduire le risque de fort à moyen* ».

Les dispositions communes à tous les lots correspondent au maintien d'une « *bande de recul de 4 m en pied de talus, ceci afin d'assurer un retrait minimal vis-à-vis du risque de chute de blocs.* » (ApiGEO, 2021).

b) Justification des principes d'aménagement retenus

Les principes d'aménagement proposés sont analysés à l'aide « *d'un logiciel de modélisation trajectographique tridimensionnel de chute de blocs et d'aide au dimensionnement des protections* ». Le logiciel s'appuie sur « *une approche probabiliste, traduisant aussi bien les variations de forme des blocs, les caractéristiques des sols, que les irrégularités de terrain* » (ApiGEO, 2021). Une présentation du logiciel et de ses fonctionnalités est ensuite effectuée.

Le chapitre 4.7.2 du rapport expose l'application du logiciel de modélisation trajectographique au site d'étude.

Pour le versant nord, le contenu du chapitre (texte et illustration) expose l'implantation de « 6 obstacles ou barrières placés à des points déterminants du site pour valider la position des protections suivant la trajectoire simulée des blocs ». Les hypothèses de simulation sont (ApiGEO, 2021) :

- « Taille moyenne des blocs : 0,75 cm (erreur supposée → unité = mètres)
- Simultanéité des blocs : 50 blocs ».

Des illustrations exposent l'implantation des 6 obstacles, et les résultats des simulations pour chacune d'entre elles. Un extrait est représenté sur la Figure 6.

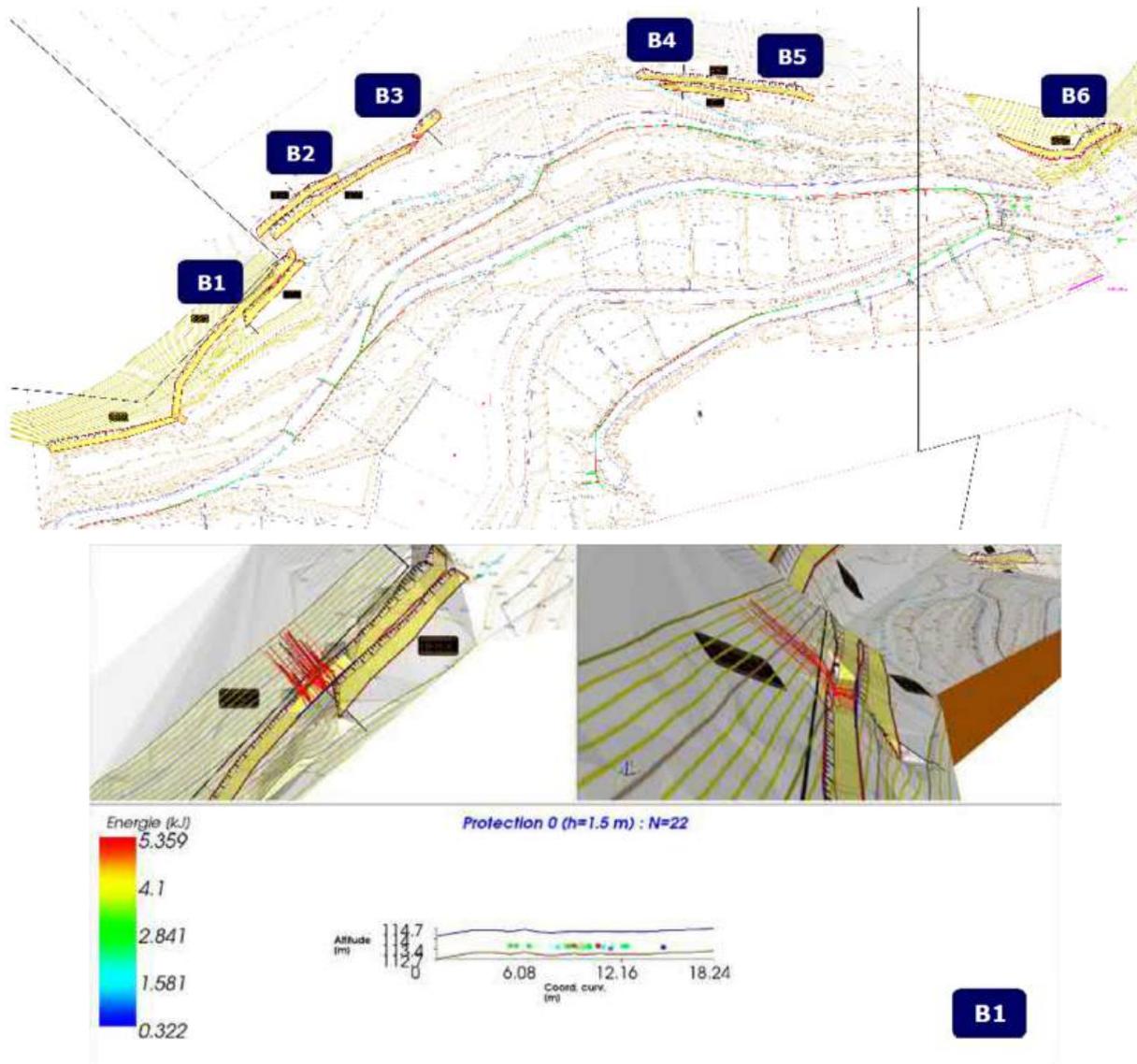


Figure 6 - Cartographie des obstacles simulés à l'échelle du versant nord (en haut), résultat obtenu pour le site B1 (en bas) (ApiGEO, 2021)

Pour le versant sud, les mêmes hypothèses ont été suivies, simulant l'implantation d'« un obstacle ou barrière placé à des points déterminants du site pour valider la position des protections suivant la trajectoire simulée des blocs » (ApiGEO, 2021).

Non présentés dans le rapport, des extraits de la paramétrisation du logiciel de modélisation trajectographique ont été communiqués par la DCA (Figure 7).

Propriétés des sources de blocs

Source n°

Nombre de blocs

Type de la source de blocs

	X [m]	Y [m]
0	412.444045	216.933663
1	418.267302	220.416733
2	414.158368	227.301237

Surfacique
Surface (projection X-Y) [m²]

Géométrie des blocs

Forme

d [m]

Masse volumique des blocs
ρ [kg/m³]

Volume, Masse & Inertie

	Min	Max
d(equ)	<input type="text" value="1"/> [m]	<input type="text" value="1"/>
Volume	<input type="text" value="0.524"/> [m ³]	<input type="text" value="0.524"/>
m	<input type="text" value="1309"/> [kg]	<input type="text" value="1309"/>
I	<input type="text" value="130.9"/> [kg.m ²]	<input type="text" value="130.9"/>
Δm	<input type="text" value="0"/> [%]	

Condition de départ des blocs

Absolue

	Min	Max
Vx	<input type="text" value="0"/> [m/s]	<input type="text" value="0"/>
Vy	<input type="text" value="0"/> [m/s]	<input type="text" value="0"/>
Vz	<input type="text" value="0"/> [m/s]	<input type="text" value="0"/>
Vr	<input type="text" value="0"/> [rad/s]	<input type="text" value="0"/>

Vitesse initiale

Relative / pente locale

	Min	Max
V	<input type="text" value="0.1"/> [m/s]	<input type="text" value="0.1"/>
Vr	<input type="text" value="0.2"/> [rad/s]	<input type="text" value="0.2"/>
ΔVi	<input type="text" value="0"/> [%]	

Hauteur initiale de chute

	Min	Max
h	<input type="text" value="1"/> [m]	<input type="text" value="1"/>
Δh	<input type="text" value="0"/> [%]	

Protection n°

Longueur (info)

	X [m]	Y [m]
0	267.786834	234.525752
1	273.807726	233.448329
2	275.202038	233.194818
3	276.089327	232.687795

Développée [m]

Projetée (X-Y) [m]

Type de protection

Fictive Hauteur [m]

Référentiel

Filet

Type

Hauteur [m]

Capacité [kJ]

Talus

Hauteur [m]

Capacité infinie

Figure 7 - Extraits de l'interface du logiciel de cartographie, transmis par la DCA, absents du rapport A156-SW-19 (ApiGEO, 2021)

Les extraits (Figure 7) indiquent que le modèle trajectographique intègre notamment les paramètres suivants :

- Le sol considéré est un sol meuble aux caractéristiques suivantes : coefficients de restitution normale et tangentielle respectivement de 0,3 et 0,8 ; déviations latérale et verticale respectivement de 10° et 2° ; coefficient de frottement au roulement de 0,6 ;
- Concernant les blocs, le logiciel intègre la position initiale de chute (*a priori*, à partir du renseignement d'une surface de départ), la masse volumique (2 500 kg/m³), les conditions initiales du départ (hauteur de chute initiale de 1 m), la géométrie des blocs (forme sphérique, dimensions : diamètre de 1 m), la vitesse initiale ;
- Concernant les protections, un filet de classe 2 d'une hauteur de 1,5 m et d'une capacité de 500 kJ selon le référentiel ETAG027.

c) Analyse et recommandations relatives à la modélisation trajectographique opérée

Le rapport (et en particulier le chapitre 4.7) ne précise pas la configuration du modèle pour son application au site, et notamment le MNT utilisé (MNT actuel ou MNT incluant les principes d'aménagement envisagés) et sa précision, la résolution du maillage dérivé du MNT, le modèle géologique appliqué et les paramètres associés (nature des sols, caractéristiques géomécaniques, zones de départ des blocs). L'application de la modélisation au site d'étude présentée dans le rapport ne permet pas d'apprécier la géométrie des blocs simulés, la hauteur de chute, la pertinence des zones de départ choisies au regard de l'extension des zones protégées.

Note : En méconnaissance du logiciel de trajectographie utilisé et des définitions précises correspondant aux différents paramètres d'entrée requis, toute analyse précise des paramétrages effectués s'avère délicate. Les remarques ci-après doivent donc être considérées au regard de l'hypothèse que les paramètres figurant dans les extraits de la Figure 6 correspondent à ceux généralement utilisés dans les logiciels de modélisation trajectographique.

L'examen des extraits de l'interface du logiciel de modélisation trajectographique transmis appelle, au regard des résultats présentés dans le rapport A156-SW-19 (ApiGEO, 2021), les remarques suivantes :

- Une incohérence figure entre la taille moyenne des blocs mentionnée dans le rapport (0,75 m, sans précision) et la Figure 7, qui indique simuler des blocs d'un mètre de diamètre de forme sphérique. En tout état de cause, les observations de terrain doivent justifier la forme et les dimensions des blocs utilisées dans la modélisation, plusieurs simulations peuvent être menées pour couvrir le maximum d'évènements probables.
- Le volume d'un bloc sphérique de 1 mètre de diamètre est de 0,524 m³. Ce volume peut conduire à sous-estimer l'aléa "chute de blocs" en présence, compte-tenu des observations qui relèvent « *des traces récentes de chutes de blocs de taille métriques* » (ApiGEO, 2021). La DCA (ex-SAU) a également observé, concernant la barre rocheuse : « *Elle constitue un aléa très fort de départ de blocs engageant des volumétries importantes (> m³)* » (courrier n°001020MLA/SAU.EP du 15 mars 2019).
- Les valeurs des caractéristiques mécaniques du sol ne sont pas justifiées. Les valeurs retenues interrogent au regard de celles obtenues lors de l'expérience de lâchers de blocs, réalisés en Polynésie française dans le cadre du programme ARAI2 (Dewez et al., 2010). Ce travail basé sur l'analyse de 161 rebonds de blocs de géométrie variable a conduit, pour un sol composé de colluvions meubles épaisses et/ou d'éboulis, à proposer des valeurs de coefficients de restitution normale et tangentielle respectivement de 0,81 (+/- 0,15) et 0,79 (+/- 0,14).

- La masse volumique des blocs de 2 500 kg/m³, renseignée dans l'interface, est cohérente comparativement à celle estimée des blocs utilisés dans l'expérience OFAI (Dewez et al., 2010), de 2 400 kg/m³.
- La hauteur de chute des blocs n'est pas précisée dans le rapport ApiGEO (2021), mais spécifiée dans les extraits de l'interface du logiciel de trajectographie : hauteur initiale de chute : 1 m. D'après le rapport ApiGEO (2021), la paroi rocheuse a une « *hauteur moyenne de 10 m mais elle atteint localement 20 m.* ». Les observations de terrain devraient faire état des hauteurs de chute possibles sur l'ensemble de ou des parois rocheuses, et ainsi justifier la hauteur de chute initiale paramétrée.
- Les localisations et le nombre de profils simulés ne sont pas justifiés.
- Le nombre de lâchers de blocs simulés apparaît insuffisant pour être représentatif des événements probables et permettre une analyse statistique adaptée.
- L'aléa de départ considérant la remobilisation d'un bloc dans le versant n'a pas été étudié.
- La prise en compte de la végétation dans les modélisations n'est pas connue au travers des éléments transmis.

Sur la base de ces remarques, le manque d'information, contenue dans le rapport ApiGEO (2021), ne permet pas d'apprécier la qualité de la modélisation trajectographique entreprise, dont les données d'entrée, les paramètres et les hypothèses retenues doivent être décrits et justifiés (éventuellement en annexe du rapport d'étude). Les extraits de l'interface du logiciel de trajectographie fournies par la DCA informent sur certains paramètres considérés et appellent certaines observations, susceptibles de remettre en cause la validité des valeurs retenues, au regard des observations de terrain réalisées et de la bibliographie. Il en résulte un risque potentiel de sous-estimation de l'aléa "chute de blocs", qui pourrait être diminué par la caractérisation des aléas de départ et de propagation de façon plus précise (*a minima* qualitativement dans le cadre d'une mission G5, mais représentatifs des configurations présentes sur site), appuyée par des observations de terrain, d'une part, et une calibration du modèle trajectographique sur la base d'événements historiques, si possible, d'autre part. Plusieurs milliers de simulations sont par ailleurs conseillés pour couvrir l'ensemble des configurations probables de chute de blocs au droit du secteur d'étude.

Les éléments présentés dans le rapport ApiGEO (2021) ne permettent donc pas de juger de la pertinence des ouvrages et aménagements proposés, tant en termes d'implantation que de dimensionnement.

Les principes d'aménagement proposés dans l'étude appellent par ailleurs les remarques suivantes :

- La purge manuelle de blocs instables n'est généralement pas de nature à modifier substantiellement l'aléa (éventuellement durant quelques mois/années) ;
- Les aléas en présence (chute de blocs mais aussi glissement de terrain) sont susceptibles d'évoluer à la suite des terrassements projetés et devraient donc être réévalués après leurs mises en œuvre ;
- Le choix et le dimensionnement des parades doivent être justifiés au regard des phénomènes de référence considérés et des éventuelles contraintes d'implantation ;
- Des incohérences apparaissent concernant les préconisations de sécurisation et les solutions d'aménagement proposées aux chapitres 4 et 5, et celles résumées en conclusion de l'étude (chapitre 6). La purge mécanique et/ou la pose d'ancrage sont uniquement évoquées dans les conclusions et n'avaient visiblement pas été envisagées précédemment ;

- Deux fichiers de l'étude ApiGEO A152-SW-19 du 25/03/2021 ont été transmis : une version scannée et une version au format numérique (pdf). Concernant le lot 20, les solutions d'aménagement proposées diffèrent entre ces deux fichiers (chapitre 5.1.3 et chapitre 6 : mise en place d'un écran rigide / mise en place d'un redan).

Si des compléments sont apportés à l'étude, il est conseillé de se référer aux documents de référence (cf. chapitre 2.2), qui proposent les méthodes et démarches détaillées de caractérisation des aléas en présence et de définition des solutions de sécurisation. Ces compléments pourront être réalisés dans le cadre d'une actualisation du diagnostic géotechnique et poursuivis dans le cadre des missions géotechniques de type G2 (AVP/PRO), selon la norme NF-P 94500 (2013).

2.4 CONCLUSION RELATIVE A L'EXAMEN DE L'ETUDE APIGEO A152-SW-19 DU 25 MARS 2021

À la demande de la DCA, le BRGM a examiné l'étude ApiGEO A152-SW-19 (25/03/2021), ayant pour objet le diagnostic et les préconisations géotechniques de type G5 des talus amont du lotissement Tihu Uti (commune de Punaauia). L'analyse (effectuée sans reconnaissance de terrain) a essentiellement porté sur les outils et méthodes mis en œuvre, les hypothèses retenues, les résultats obtenus et leur interprétation, y compris en matière de solutions de sécurisation proposées.

L'analyse de l'étude, appuyée ponctuellement par un fond documentaire exposant en partie l'historique du lotissement Tihu Uti, a mis en évidence des lacunes concernant principalement la délimitation du secteur d'étude, l'identification des phénomènes de mouvements de terrain en présence, les investigations réalisées et la restitution du traitement de ces différents éléments techniques dans le contenu du rapport. Par ailleurs, les solutions techniques d'aménagement proposées apparaissent trop faiblement justifiées au regard de la modélisation trajectographique réalisée, très peu décrite dans le rapport ApiGEO (2021), et potentiellement inadaptée aux caractéristiques du secteur d'étude.

Le présent rapport émet plusieurs recommandations dans l'objectif de renforcer les aspects précités. D'une manière générale, dans la mesure où l'objectif de l'étude ApiGEO (2021) est d'« établir le diagnostic de la configuration géologique de ces deux versants de façon à élaborer des solutions techniques de sécurisation les plus adaptées visant à réduire et à limiter les incidences liées au classement en « risque fort » de la zone concernée » du PPR de la commune de Punaauia, approuvé le 25 mars 2010, il est recommandé de s'appuyer au maximum sur les documents de référence (chapitres 2.2 et 5) et la mise en œuvre des méthodes proposées, qui garantissent le respect des règles de l'art et de la démarche des Plans de Prévention des Risques naturels. Par ailleurs, le contenu du rapport d'étude doit, dans la mesure du possible, être explicite et détaillé sur les données utilisées, les méthodes et les outils mis en œuvre, les hypothèses émises et retenues, et les incertitudes inhérentes.

Les compléments éventuels pourront être réalisés dans le cadre d'une actualisation du diagnostic géotechnique (actualisation rendue nécessaire, au-delà des besoins de clarification du contenu et des recommandations émises, par la validité technique de l'étude, limitée à 1 an selon ApiGEO, et donc aujourd'hui obsolète), et poursuivis dans le cadre des missions géotechniques de type G2 (AVP/PRO), selon la norme NF-P 94500 (2013). L'utilisation et l'application des documents de référence apparaissent comme les principes les plus à même d'aboutir à une caractérisation de l'aléa "mouvements de terrain" du secteur d'étude, conforme aux standards en la matière, et à sa prise en compte dans le cadre d'une révision du PPR de Punaauia.

3. Avis relatif au zonage des aléas "mouvements de terrain" dans plusieurs secteurs - Tranche conditionnelle

3.1 OBJECTIF

La réalisation de cette tranche conditionnelle dépendait de la nécessité, apparue à l'issue de l'analyse sur dossier, effectuée dans le cadre de la tranche ferme, de la tenue d'une visite de terrain du lotissement Tihu Uti (à Punaauia).

Outre cette visite sur le site de Tihu Uti, des reconnaissances de terrain ont été menées dans six autres secteurs identifiés par la DCA, au cours d'une mission spécifique qui s'est déroulée du 6 au 10 mars 2022, associant un expert du BRGM et les représentantes de la DCA.

L'objectif de ces visites est d'apporter un avis sur la qualification actuelle de l'aléa "mouvement de terrain" dans les secteurs ciblés, issu du Plan de Prévention des Risques (PPR) en vigueur ou du zonage établi dans le cadre de projets de PPR. Cet avis repose principalement sur une démarche naturaliste (constats visuels, sans autre démarche spécifique telles que la réalisation de sondages, de simulations trajectographiques de chutes de blocs, etc.), et éventuellement sur la consultation d'éléments bibliographiques mis à disposition par la DCA et apportant un éclairage utile à la démarche.

3.2 RESULTATS

Les visites ont été menées dans les sept secteurs suivants (cf. Figure 8), exposés à une problématique de type "glissement de terrain" et/ou "chute de blocs" :

- Tihu Uti (Punaauia, Tahiti) ;
- Pohiri (Moorea) ;
- Robin (Punaauia, Tahiti) ;
- Raimatea (Afaahiti, Tahiti) ;
- Auehi (Tautira, Tahiti) ;
- Tipaerui (Faa'a, Tahiti) ;
- Paea, parcelle AW21 (Tahiti).

Pour chaque site, une fiche (annexée au présent rapport) présentant les éléments suivants a été établie :

- localisation et éléments de contexte ;
- objectifs de l'expertise ;
- cartographie d'aléa actuelle ;
- carte géologique et carte des pentes ;
- synthèse des observations de terrain / reportage photographique ;
- avis sur la qualification des aléas et éventuellement sur la possibilité de sécurisation ;
- le cas échéant, proposition cartographique (zonage des aléas modifié).



Figure 8 - Localisation des sites concernés par l'expertise de terrain (fond cartographique ©IGN)

4. Conclusion

A la demande de la DCA, le BRGM a apporté un appui technique portant sur les aléas gravitaires, dans certains secteurs du territoire des îles de Tahiti et Moorea.

Dans un premier temps, le BRGM a analysé l'étude ApiGEO A152-SW-19 (25/032021), ayant pour objet le diagnostic et des préconisations géotechniques de type G5 des talus amont du lotissement Tihu Uti (commune de Punaauia). L'analyse menée a conduit à soulever un certain nombre de lacunes dans le dossier étudié et à émettre plusieurs recommandations visant à permettre une meilleure caractérisation et prise en compte des aléas "mouvements de terrain" sur le site. Cette analyse a fait l'objet d'un premier rapport (rapport BRGM/RP-72175-FR, octobre 2022).

Dans un second temps, une visite de terrain, conjointe entre le BRGM et la DCA, a été menée dans plusieurs secteurs de Tahiti et de Moorea, visant à apporter un avis sur la qualification actuelle de l'aléa "mouvement de terrain" dans les secteurs ciblés, issue du Plan de Prévention des Risques (PPR) en vigueur ou du zonage établi dans le cadre de projets de PPR, et le cas échéant à émettre des recommandations de nature à optimiser la qualification des aléas et/ou à préciser la possibilité de sécurisation du site.

Les résultats de cette analyse de terrain sont restitués dans des fiches synthétiques présentées en annexe du présent dossier.

5. Bibliographie

ApiGEO (2021) - Etude n° A152-SW-19, Diagnostic et préconisations géotechniques G5 - Zone rouge - Talus amont du lotissement TiHu'Uti - Commune de Punaauia.

BEGETech (2019) - Commune de Punaauia - Lotissement Tihu Uti - Avis sur stabilité de versant au grand glissement - Rapport sur la stabilité du versant naturel nord. Rapport n°1805169.

BEGETech (2019) - Commune de Punaauia - Lotissement Tihu Uti - Avis sur stabilité de versant au grand glissement - Rapport sur la stabilité du versant naturel nord. Note complémentaire de Mars / Avril 2019 au rapport de Janvier 2019. Rapport n°1805169.

Dewez T., Kobayashi H. Mathon C., 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, 322 p., 49 fig., 22 tab., 8ann.

Collectif (Groupe de travail MEZAP) (2021) - Guide technique MEZAP. Caractérisation de l'aléa rocheux dans le cadre d'un Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN) ou d'un Porter à connaissance (PAC). BRGM, 2021. Collection scientifique et technique. ISBN : 978-2-7159-2760-5.

LCPC (2001) - Parades contre les instabilités rocheuses. Guide Technique. Éditions LCPC, Collection Environnement Les Risques naturels.

LTPP (2010) - Procès-verbal de visite du LTPP n°10/700

LTPP (2012) - Avis techniques n°12/0184, n°12/0379, n°12/0583 et n°12/0678.

Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. Ministère de l'Équipement, du Transport et du Logement (1997) - Plans de Prévention des Risques Naturels Prévisibles (PPR). Guide général. La Documentation Française, Paris, 1997.

Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement Ministère de l'Équipement, du Transport et du Logement (1999) - Plans de Prévention des Risques Naturels Prévisibles (PPR). Risques de mouvement de terrain. Guide méthodologique. La Documentation Française, Paris, 1999.

Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie (2015) - Guide pratique - Versants rocheux - Phénomènes, aléas, risques et méthodes de gestion.

Norme NF P94-500 (2014) - Missions d'ingénierie géotechnique - Classification et spécifications. Normes nationales et documents normatifs nationaux. Afnor Editions.

Projet National C2ROP (2020) - Caractérisation de l'aléa éboulement rocheux - Etat de l'art - Bron : Cerema, 2020. Collection Connaissances. ISBN : 978-2-37180-470-8.

Service de l'Aménagement et de l'Urbanisme (2019) - Avis PPRL concernant le risque de mouvements de terrain sur le lotissement Tihu Uti à Punaauia. Courrier n°001020 MLA/SAU.EP.

6. Annexes

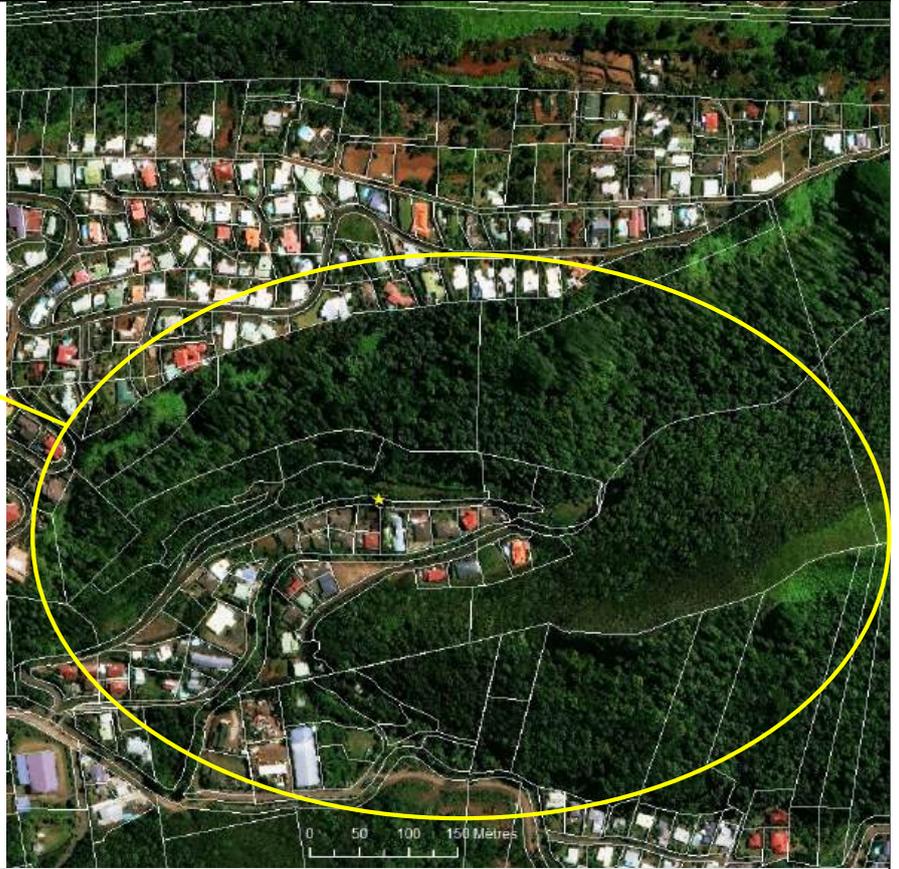
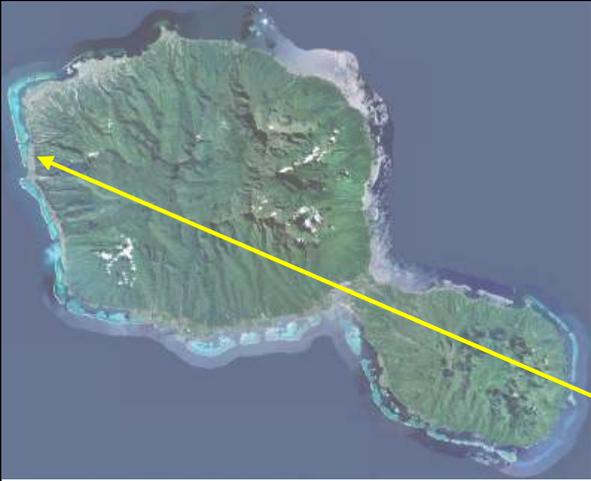
Fiches terrain

Nom du site : TIHU UTI

Ile : TAHITI

Commune : PUNAAUIA

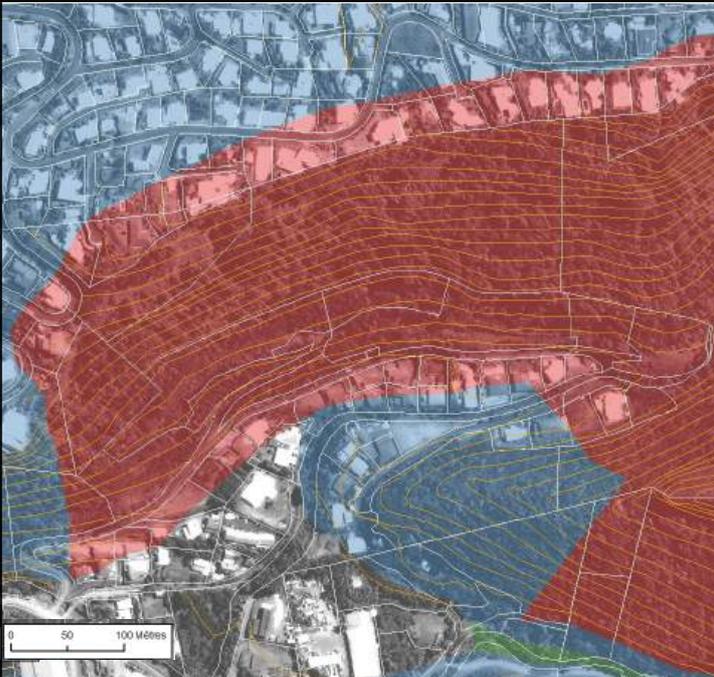
Localisation



Pk 10,5 Punaauia
Vallée de Matatia

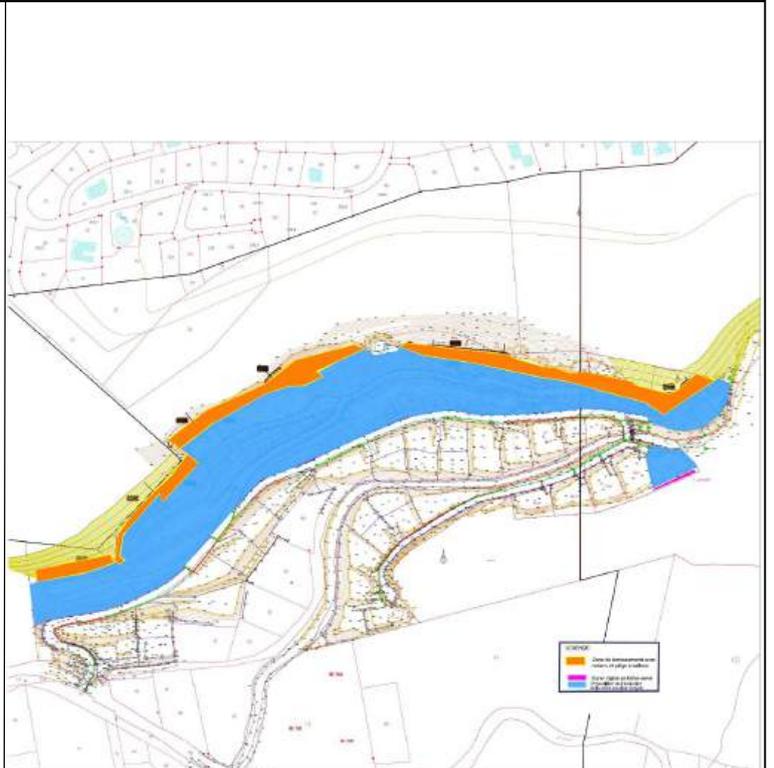
Carte d'aléa

Carte d'aléa d'origine (BRGM – PPR approuvé de 2010, non modifié sur la zone depuis)

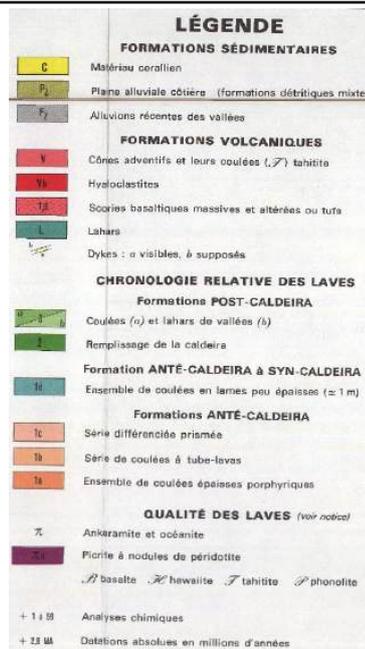
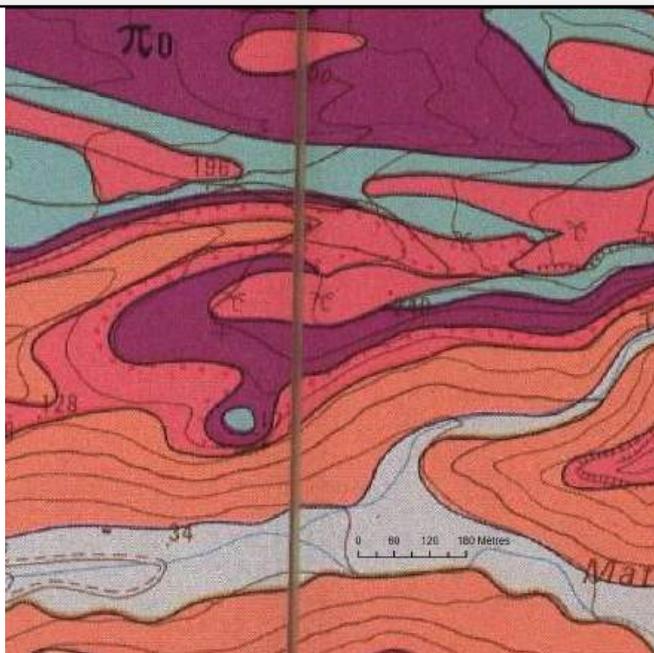


- Aléa fort
- Aléa moyen
- Aléa faible
- Risque nul à faible

Proposition de zonage modifié selon étude du BE Vaihupe (2021) sur le versant amont



Carte géologique

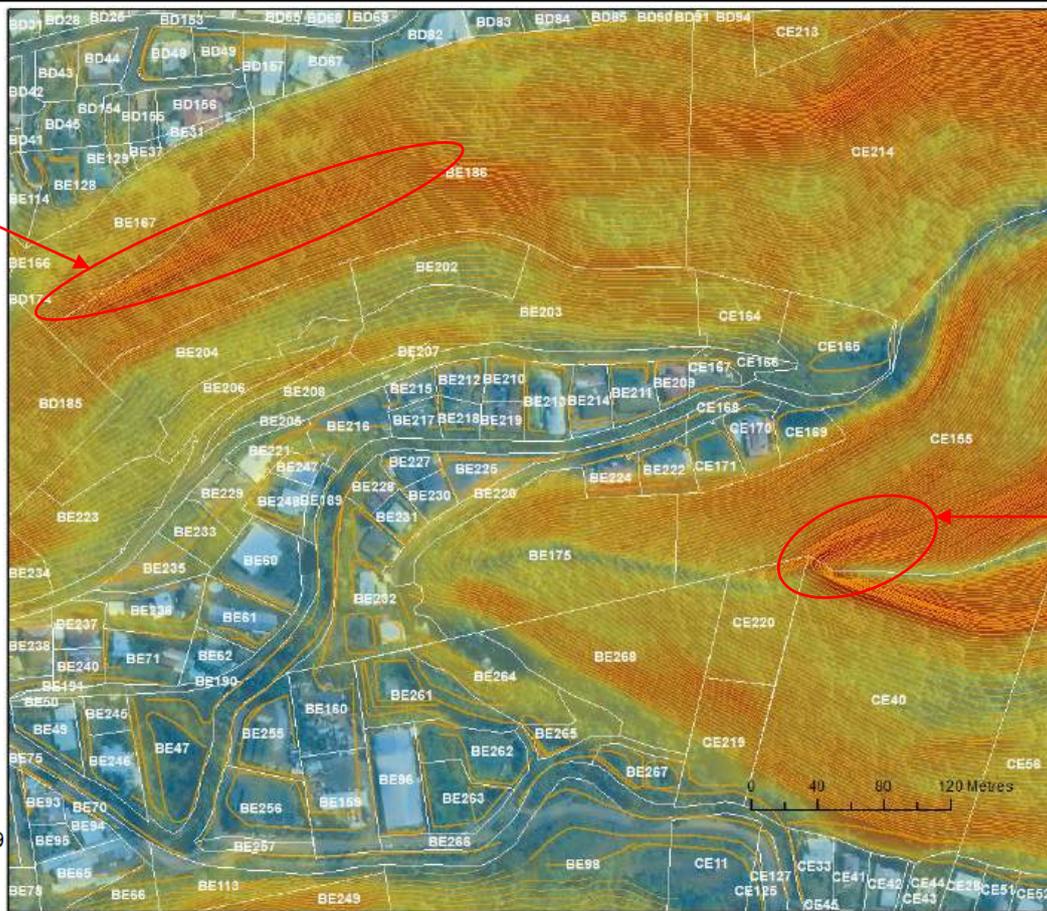


Caractérisation de l'aléa MVT

Type de phénomène	Chute de blocs
Description	Terrassements non autorisés pour un projet de lotissement dans un versant classé en aléa fort MVT dû aux chutes de blocs (versant Nord) et lots construits en aléa fort MVT, en aval d'un pan de versant avec barre et éperon rocheux en surplomb
Evènement(s) recensé(s) sur le site	<ul style="list-style-type: none"> - Déc. 2009 : affaissement d'une partie de la route d'accès (enrochements éboulés) - Petits éboulements de talus récurrents au niveau des voies d'accès
Etudes réalisées	<ul style="list-style-type: none"> - Rapports LTPP - Rapports ApiGéo - Rapports BEGETEC (nombreux rapports d'études, y compris diagnostic BRGM lors d'ARAI III)
Notes DCA	<ul style="list-style-type: none"> - Notes 5, 18, 21, 30/AU.EP.int de 2009 - Note 13/AU.EP.int du 31/05/2011 - Note 756/AU.EP.int du 7/03/2012 - Note 31 et 31bis (1247MLA/AU.EP du 04/05/2017) - Note 17 (1020MLA/SAU.EP du 15/03/2019)
Supports/données disponibles	LIDAR (Carte des pentes)
Objectifs / attentes de l'expertise terrain	Analyse du site (barre rocheuse et versant + éperon rocheux) et avis sur le zonage des aléas en vigueur sur la seule base des observations de terrain. L'ensemble des avis et études préexistants n'ont pas été étudiés et pris en compte dans l'analyse, à l'exception du rapport ApiGEO A152-SW-19 de mars 2021 analysé dans le cadre de la tranche ferme de la convention n°4904/VP/DCA. Statuer sur les possibilités de sécuriser le versant pour diminuer le niveau de l'aléa MVT

LIDAR avec localisation des barres ou éperons rocheux

Barre
rocheuse en
surplomb



Eperon
rocheux

Photo aérienne de 2011 montrant les terrassements d'origine



Date de la visite: 07/03/2023

Nom expert(s): C Garnier (BRGM/DAT)

Synthèse des observations

<p>Description générale</p>	<p>La zone d'expertise se développe sur les deux versants en majeure partie boisés d'une vallée encaissée (versants nord et sud), dont le fond est largement urbanisé. La partie inférieure du versant nord a été terrassée pour la création de voies de desserte (talus fortement redressés de hauteur variable, généralement de l'ordre de 5 m); la partie ouest de ce versant nord ayant par ailleurs été aménagée avec la création de talus et plates-formes (largeur variable mais pouvant dépassant 20 m). A noter que le versant sud n'a pas été reconnu (difficultés d'accès).</p>
<p>Contexte géomorphologique</p>	<p>Le versant nord se développe sur des hauteurs comprises entre 130 m environ (partie ouest) et atteignant jusqu'à près de 200 m environ (partie est). Les pentes y sont globalement fortes, en particulier au-dessus des zones terrassées avec des déclivités dans l'ensemble supérieures à 40°. Le versant est par ailleurs marqué au 2 tiers environ de sa hauteur totale par la présence d'une barre subverticale de hauteur comprise entre environ 10 m et plus de 15 m, constituée de niveaux de lave massive ou altérés, fracturés, avec niveaux scoriacés. Au-delà de zones terrassées montrant des niveaux de lave peu altérés, le versant est dans l'ensemble tapissé de colluvions à blocs dont l'épaisseur est indéterminée mais apparait potentiellement plurimétrique. Le versant sud, d'une hauteur de l'ordre d'une centaine de mètres et caractérisé par des pentes globalement supérieures à 40°, présente en partie sommitale un escarpement subvertical (alternance de laves massives fracturées et niveaux scoriacés?) d'une hauteur à préciser (20 à 30 m?).</p>
<p>Facteurs aggravants</p>	<p>Versant nord : la fracturation des niveaux de lave, associée à la présence de scories et à la végétation, favorise le démantèlement de la barre rocheuse et le possible décrochement de compartiments. Des blocs posés dans la pente en aval de la barre présentent un risque de remobilisation significatif (substrat érodable, pentes fortes). Versant sud : contexte comparable à la barre versant nord, et remobilisation possible de blocs instables dans le versant (élément à confirmer en l'absence d'observation directe lors de la visite).</p>
<p>Phénomène de référence (indice d'intensité, indice d'activité)</p>	<p>Versant nord : 1/ chutes de blocs issues de la barre rocheuse de volume unitaire atteignant potentiellement 1 à env. 2-3 m³ (indice d'intensité fort), avec un indice d'activité moyen (de l'ordre d'un bloc de référence tous les 10 ans) à faible (de l'ordre d'un bloc de référence tous les 100 ans) ; 2/ remobilisation de blocs instables posés dans la pente (volume unitaire de quelques centaines de litres à 1 m³ environ), indice d'activité moyen à faible ; 3/ glissements mobilisant les colluvions sur une épaisseur inframétrique à potentiellement plurimétrique dans les secteurs au pentes les plus marquées. Versant sud : 1/ chutes de blocs issues de l'éperon sommital (indice d'intensité fort, indice d'activité moyen à faible, 2/ remobilisation potentielle de blocs instables dans la pente (indice d'intensité moyen, indice d'activité moyen à faible).</p>

Photographies (clichés BRGM datés du 07/03/23)

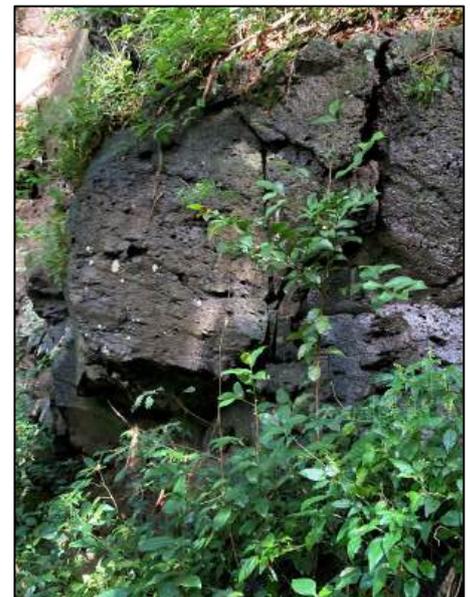
Cicatrice de glissement superficiel dans les colluvions en partie basse du versant nord



Ressaut dans des colluvions en partie intermédiaire du versant nord ; possible ancien décrochement



Barre rocheuse subverticale avec alternance de niveaux laviques et scoriacés et surplombs, versant nord



Exemple de bloc métrique instable au niveau de la barre rocheuse, versant nord



Versant sud, avec zoom sur la barre rocheuse sommitale



Exemples de blocs inframétriques remobilisables, versant nord

Synthèse des observations et conclusion sur le niveau d'aléa

Avis sur possibilités de sécurisation (pour diminuer le niveau d'aléa ou pour sécuriser le projet)

Versant nord: Les constats faits conduisent à confirmer l'existence d'un aléa élevé de chutes de blocs provenant de la barre rocheuse armant la partie haute du versant (et ce sur l'ensemble de son linéaire, correspondant globalement au linéaire du projet de lotissement), avec le décrochement possible de compartiments de volumes unitaires atteignant potentiellement jusqu'à quelques m³. En outre, l'aléa de départ résulte également de la possibilité de remobilisation de blocs dans le versant ou de la mise en mouvement de blocs pouvant être déchaussés des colluvions.

Au regard des pentes élevées sur l'essentiel du versant, les éléments mobilisés sont susceptibles de connaître des trajectoires étendues, justifiant en l'état un aléa fort jusqu'en pied de pente (c'est à dire sensiblement jusqu'en arrière des habitations existantes). Seules les parties centrale et ouest du linéaire apparaissent nettement moins exposées à des trajectoires longues (probabilité d'atteinte non significative), compte-tenu de la sécurisation apportées par les plates-formes aménagées (faisant office de réceptacles à blocs sur une bande de l'ordre de 10 m de large environ).

La potentialité de glissements de terrain mobilisant les matériaux colluviales dans des pentes moyennes à fortes (partie centrale et partie est du site en premier lieu) justifie également, en l'état, le classement en aléa élevé.

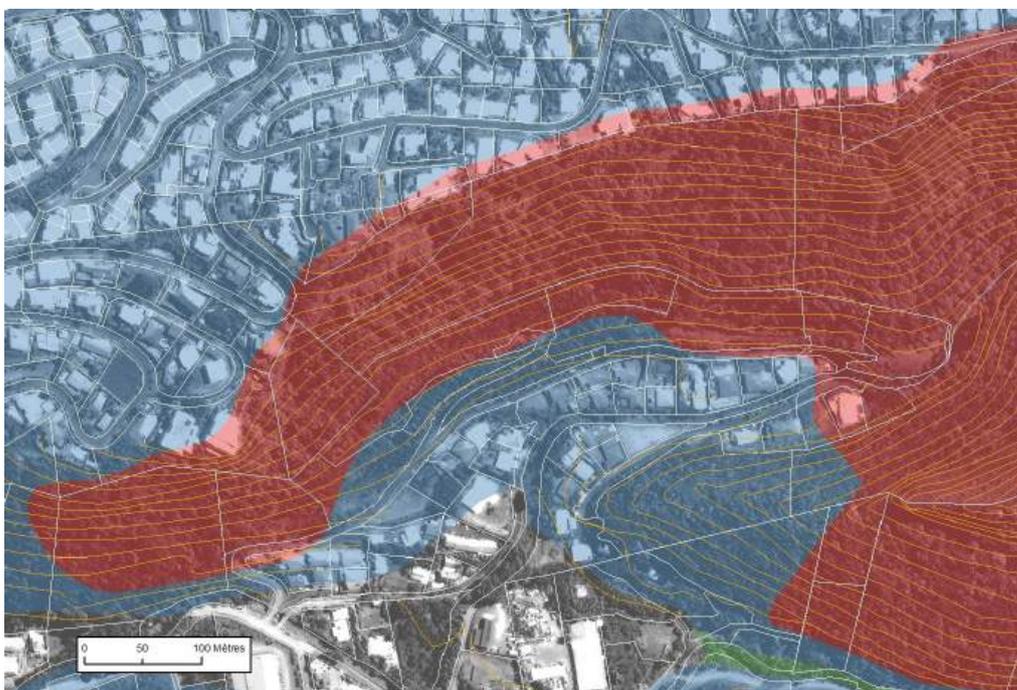
La réalisation d'une étude spécifique (s'appuyant sur des simulations trajectographiques spécifiques) pourrait seule permettre d'évaluer la faisabilité technique de terrassements (création de plates-formes à l'identique, sur le principe, des aménagements existants dans la partie ouest du versant), pouvant justifier une remontée de la limite de l'aléa fort. Toutefois, les constats faits sur site semblent indiquer que cette faisabilité est limitée d'une part par les contraintes inhérentes aux pentes fortes du secteur et d'autre part par la couverture de colluvions (caractéristiques mécaniques très médiocres et épaisseur potentiellement forte).

En conséquence, il est proposé de retenir sur le secteur le zonage d'aléas modifié par la DCA (cf. ci-dessous).

Versant sud: La réalisation d'investigations spécifiques sur le versant sud est seule à même de permettre de préciser l'exposition du pied de versant aux chutes de blocs et ainsi le cas échéant de préciser le zonage des aléas. En l'état des connaissances, il convient 1/ de considérer un aléa élevé de départ de blocs depuis l'éperon sommital, 2/ de considérer comme ne pouvant être exclu un aléa de remobilisation de blocs présents dans le versant sous l'éperon. Compte-tenu des pentes fortes du versant, la probabilité d'atteinte du pied en cas de mise en mouvement apparaît non négligeable.

L'étude s'attachera ainsi à préciser l'aléa de départ par une reconnaissance du versant jusqu'au pied de l'éperon, et autant que possible de l'éperon lui-même. Les profils trajectographiques simulés devront être représentatifs des différentes zones de départ possibles (éperon rocheux et versant plus à l'ouest dénué d'éperon sommital). En l'état le zonage des aléas modifié par la DCA (cf. ci-dessous) est jugé conforme aux éléments d'analyse disponibles.

Proposition cartographique le cas échéant



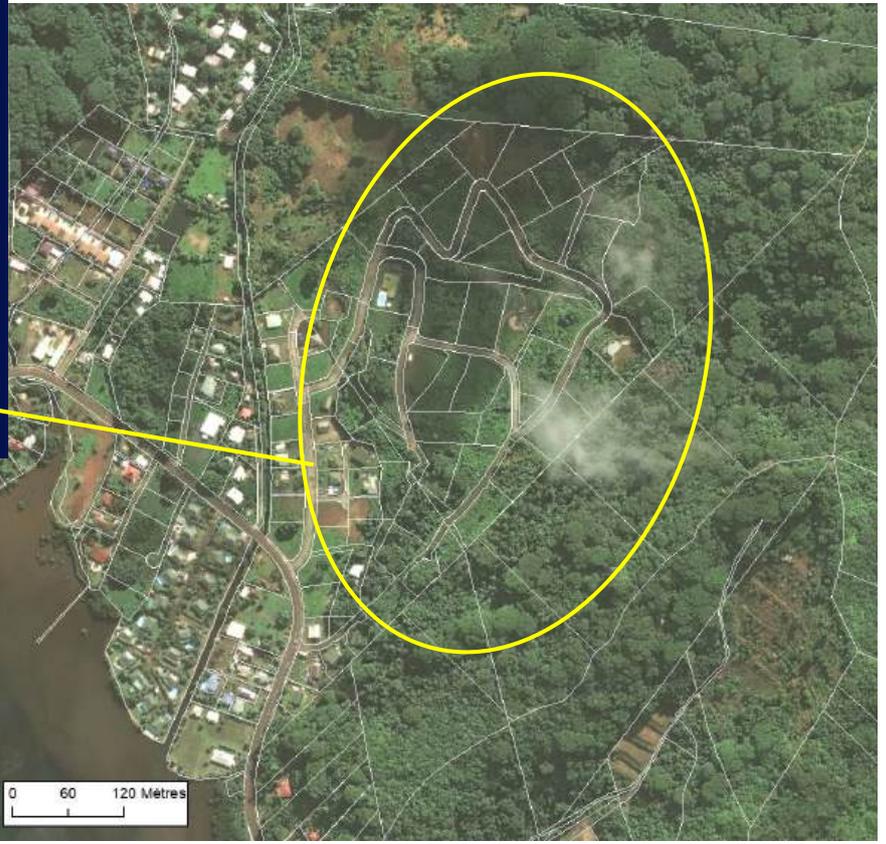
- Aléa fort
- Aléa moyen
- Aléa faible
- Risque nul à faible

Nom du site : POHIRI

Ile : MOOREA

Commune : MOOREA

Localisation



Pk 21 – Haapiti

Photo satellite de 2020

Courbes de niveau 10 m

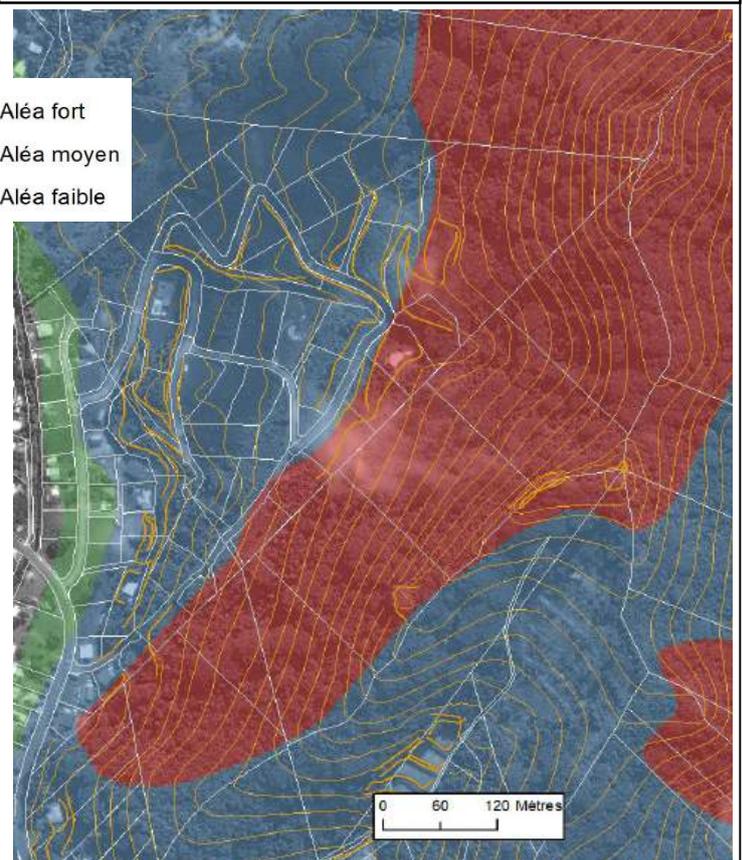
Carte d'aléa

Carte d'aléa d'origine (BRGM)

Carte d'aléa révisée (2019 – SAU)



- Aléa fort
- Aléa moyen
- Aléa faible



LIDAR

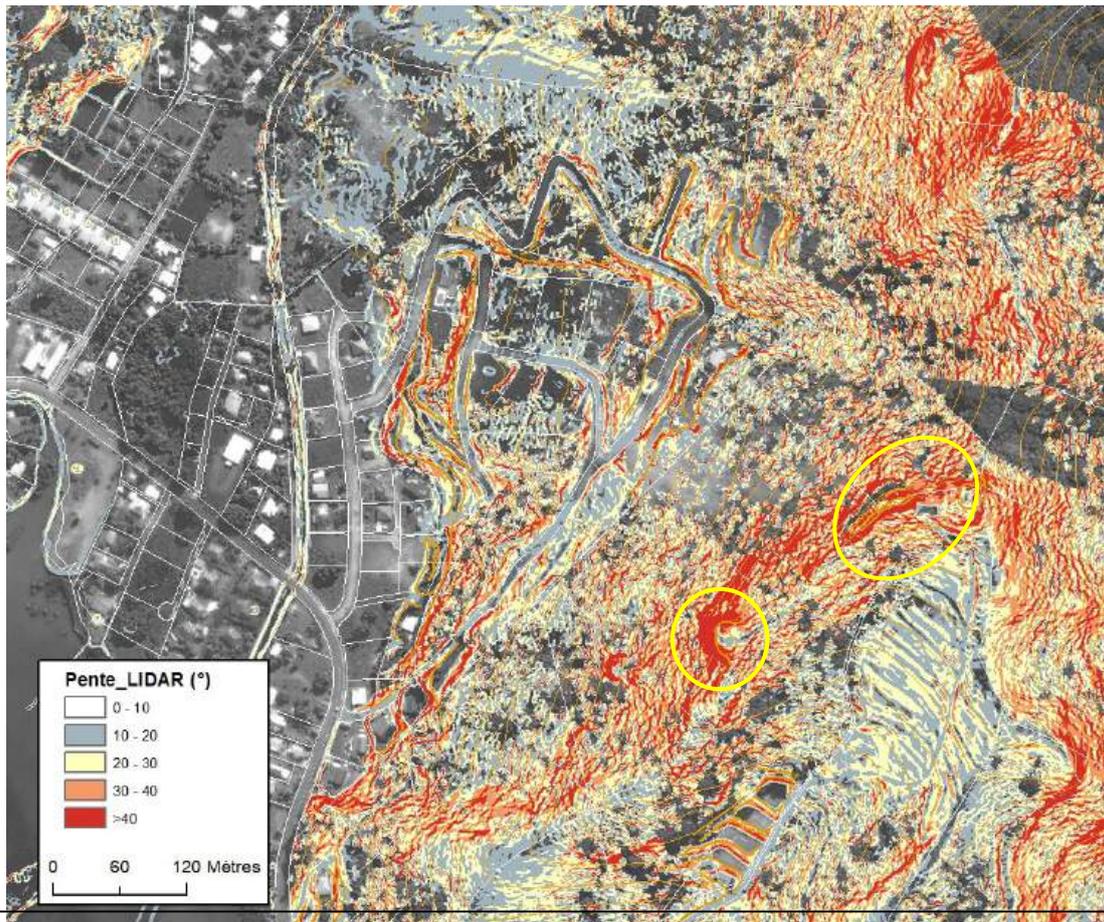


Photo satellite localisant les escarpements



Date de la visite: 08/03/2023

Nom expert(s): C Garnier (BRGM/DAT)

Synthèse des observations

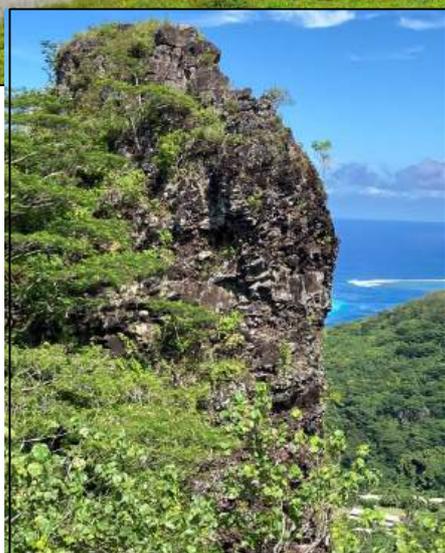
Description générale	La zone d'expertise s'étend sur un linéaire supérieur à 200 m, occupant un versant boisé orienté au nord-ouest, dont la partie inférieure fait l'objet d'un projet de lotissement (plusieurs lots déjà construits, plateformes existantes).
Contexte géomorphologique	<p>Le versant se développe sur un dénivelé de l'ordre de 150 m, culminant vers l'altitude de 210 m au niveau du sommet Pohiri. Les pentes y sont globalement fortes, en particulier dans la moitié supérieure au droit de laquelle le versant se raidit de façon progressive, dépassant sensiblement les valeurs de 40°. La partie sommitale se singularise par la présence de quatre principaux escarpements rocheux subverticaux de hauteur variable (plusieurs dizaines de mètres de hauteur). Ces escarpements sont constitués de niveaux de laves dont le caractère plus ou moins massif, ainsi que le niveau d'altération et le taux de fracturation sont hétérogènes. Des niveaux de scories sont également observables.</p> <p>Le versant montre quant-à-lui, plus particulièrement dans sa moitié supérieure de nombreux blocs éboulés plus ou moins anciens (un relevé exhaustif n'a pas été réalisé).</p>
Facteurs aggravants	La fracturation et l'altération plus ou moins développée du matériel rocheux, la présence de niveaux scoriacés (favorisant le développement du sous-cavage) et la végétation ligneuse constituent autant de facteurs aggravants vis-à-vis du démantèlement – inéluctable - des escarpements rocheux et de la production de compartiments instables (avec des hauteurs de chute libre potentiellement importante en cas de mise en mouvement; jusqu'à plusieurs dizaines de mètres).
Phénomène de référence (indice d'intensité, indice d'activité)	Les différents escarpements rocheux sommitaux correspondent à des zones de départ potentielles de compartiments rocheux, avec des volumes mobilisables compris entre quelques centaines litres (voire moins) et potentiellement plusieurs dizaines de m ³ . Le phénomène de référence retenu est caractérisé par un volume unitaire de l'ordre du m ³ voire supérieur (indice d'intensité fort), avec un indice d'activité moyen (de l'ordre d'un bloc de référence tous les 10 ans) à faible (de l'ordre d'un bloc de référence tous les 100 ans). Les blocs unitaires de volume moindre (avec un indice d'activité a priori plus marqué) connaissent vraisemblablement des trajectoires de moindre extension, probablement limitées à la partie supérieure du versant.

Photographies (clichés BRGM datés du 07/03/23)

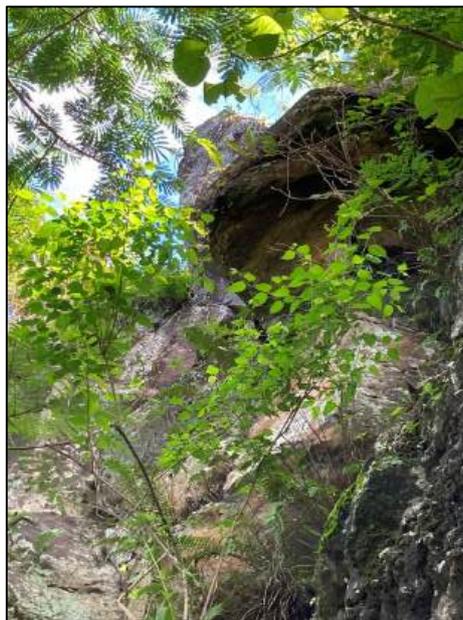
Vue générale du versant surplombant le projet de lotissement



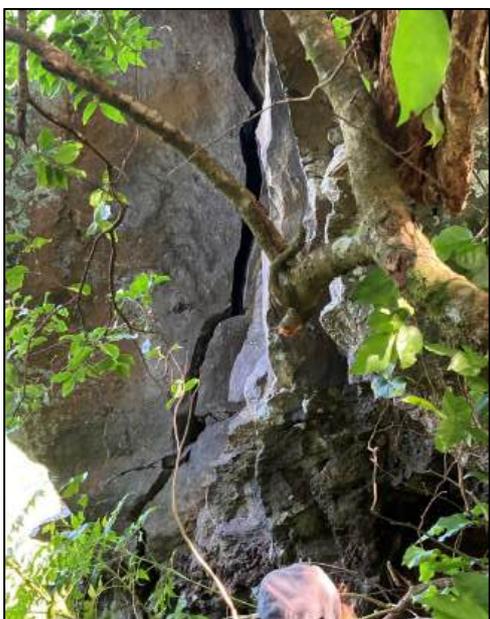
Vue rapprochée d'un des escarpements rocheux présents en partie haute du versant



Vue rapprochée d'un des escarpements rocheux sommitaux



Exemples de configurations rencontrées sur les pentes aval des pointements rocheux (surplombs, bancs laviques massifs fracturés, niveaux scoriacés)



Exemple de compartiment instable plurimétrique observé en partie sommitale de versant, sur l'un des escarpements rocheux



Exemple de bloc éboulé de volume supramétrique, stabilisé dans le versant

Synthèse des observations et conclusion sur le niveau d'aléa

Avis sur possibilités de sécurisation (pour diminuer le niveau d'aléa ou pour sécuriser le projet)

Les observations faites au niveau des différents escarpements sommitaux confirment leur potentialité en termes d'alimentation en chutes de blocs, avec des volumes au départ très variables mais pouvant atteindre jusqu'à plusieurs dizaines de m³, de façon assez exceptionnelle toutefois, et plus « classiquement » jusqu'à quelques m³.

Cette potentialité est liée aux caractéristiques du matériel lavique (bancs plus ou moins massifs ou au contraire se débitant en éléments de volume plus réduit, à une altération localement développée, à une fracturation globalement assez dense, à la présence de bancs scoriacés (favorisant le sous-cavage), et à la présence d'autres facteurs aggravants tels que la végétation accélérant le démantèlement des escarpements. Cette activité chutes de blocs est mise en lumière par les blocs éboulés observés dans le versant. Un bloc de volume unitaire de l'ordre du m³ voire supérieur (jusqu'à 2 m³ environ ; indice d'intensité forte) est retenu comme phénomène de référence (indice d'activité moyen à faible).

Au regard de l'intensité caractérisant un tel phénomène et des pentes relativement marquées du versant, des trajectoires potentiellement étendues sont à redouter. L'ensemble des constats faits sur site tendent de fait à confirmer le zonage d'aléas de la cartographie révisée (2019, SAU). Les terrassements réalisés pour le lotissement en partie basse de versant (en amont de la voirie desservant les lots) favorisent l'arrêt des blocs et permettent de justifier la transition entre aléa fort et aléa moyen.

Seule une étude spécifique s'appuyant (1) sur une qualification détaillée de l'aléa de départ (intégrant les différentes zones d'alimentation identifiées), (2) sur des simulations trajectographiques intégrant la topographie fine du versant, permettrait:

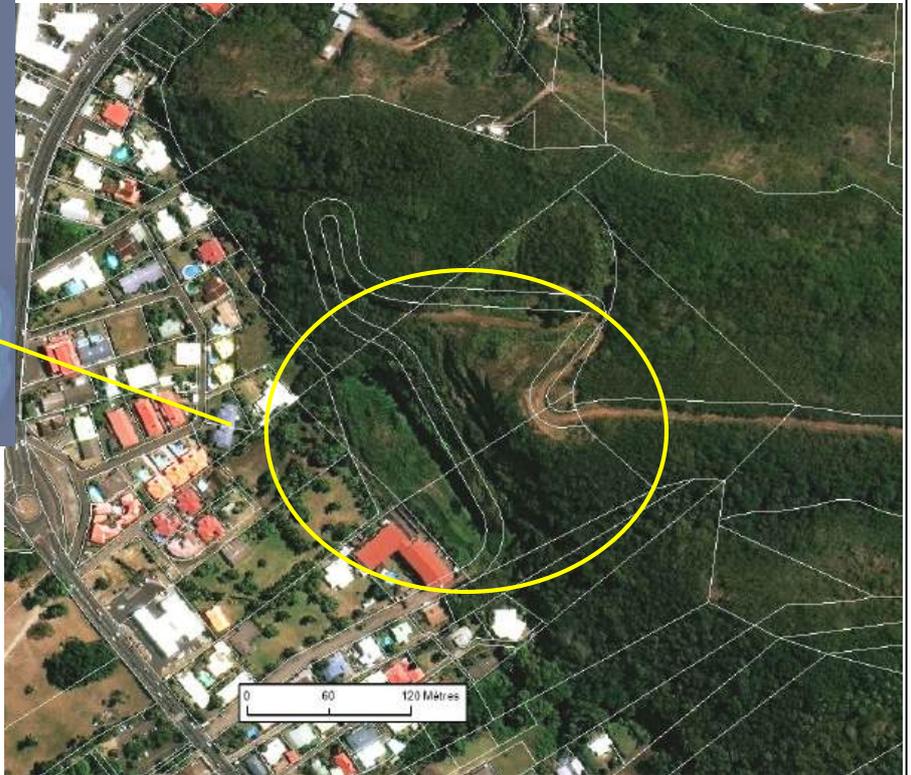
- de préciser les probabilités d'atteinte, et ainsi le positionnement de la limite aléas fort / moyen;
- de préciser les caractéristiques des blocs en mouvement (énergie, hauteur de passage) et ainsi de déterminer la capacité de sécurisation et les ouvrages adaptés.

Nom du site : Les Hauts de Tahiti village
Ile : TAHITI Commune : PUNAAUIA

Localisation



Pk 15,5 Punaauia
Photo satellite de 2020



Carte aléa de mouvements de terrain

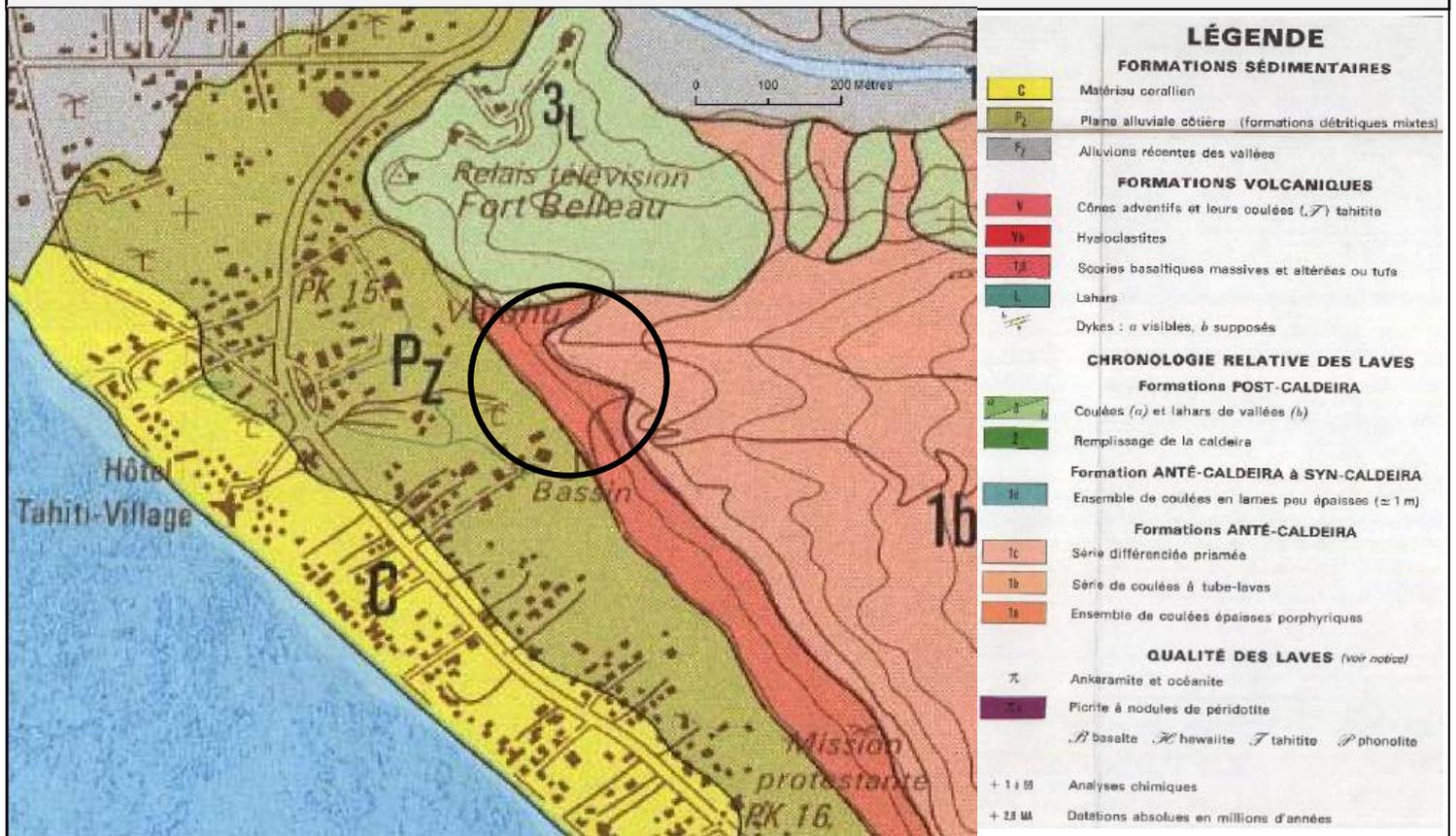
Carte d'aléa d'origine (BRGM – PPR approuvé de 2010)



Carte d'aléa révisée (BRGM – révision de 2016)



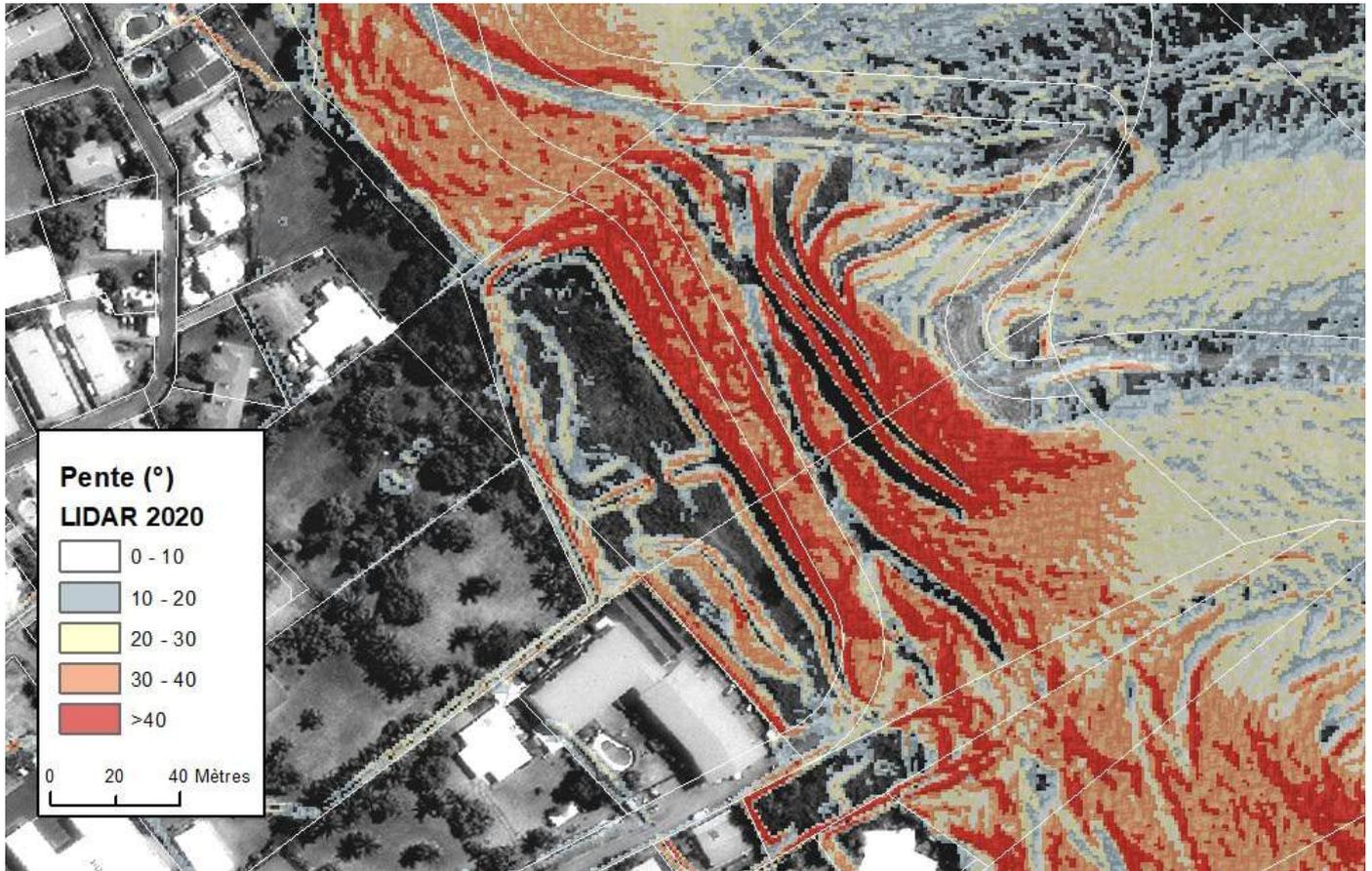
Carte géologique



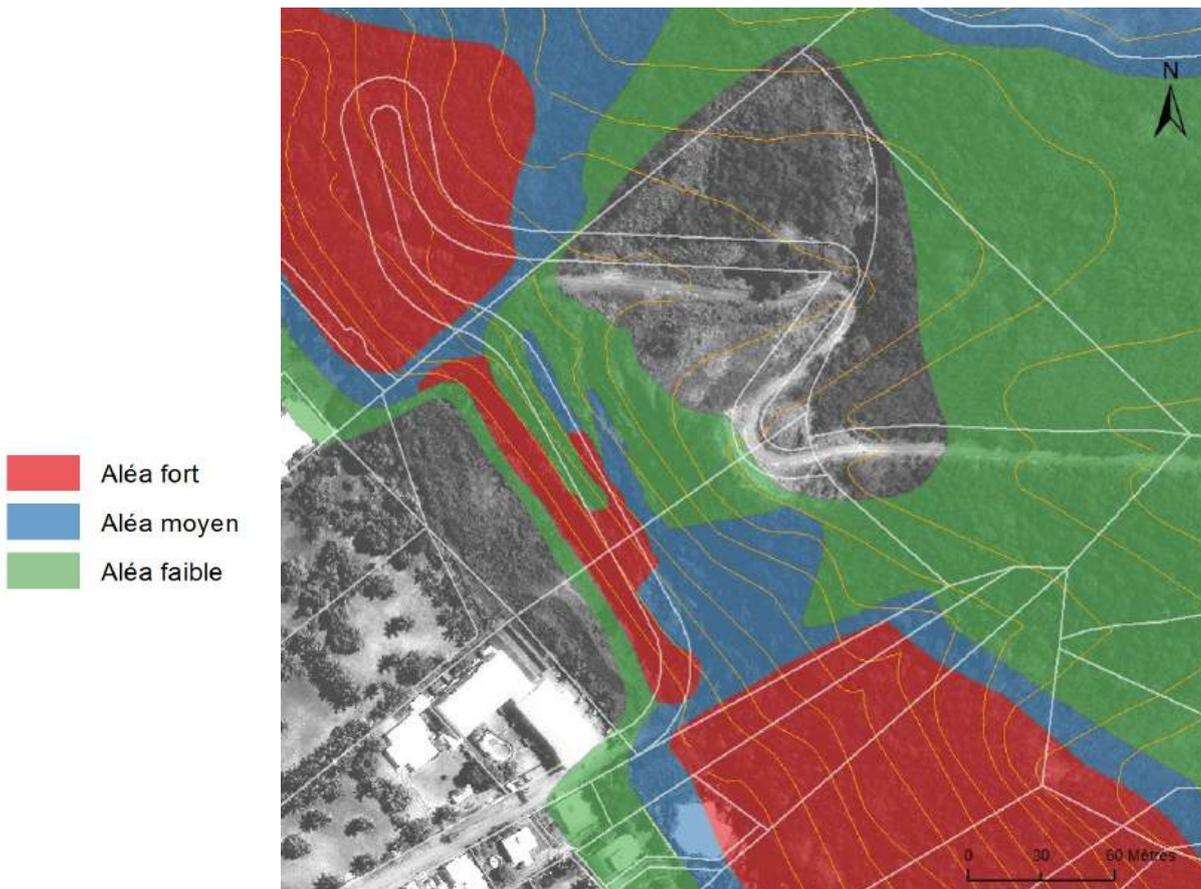
Caractérisation de l'aléa MVT

Type de phénomène	Chute de blocs
Description	Terrassements non autorisés dans un versant classé en aléa fort MVT dû aux chutes de blocs (PPR et carte d'aléa postérieurs aux aménagements). Risbermes mises en place pour intercepter les blocs
Evènement(s) recensé(s) sur le site	<ul style="list-style-type: none"> - le 05/07/2014 : bloc de 2T arrivé à 15m de la construction en pied de versant (Note 2264/PPR/AU.EP du 17/07/2014) - le 02/08/2018 : chute de bloc avec 1 éclat ayant atteint la résidence en aval de la zone terrassée (Note 4121/MLA/SAU.EP du 18/12/2018)
Etudes réalisées	<ul style="list-style-type: none"> - Rapport ALP'GEORISQUES n° 18041320 du 08/06/2018 - Rapport ALP'GEORISQUES n° 19071387 du 15/07/2019 - Mission de contrôle de l'aléa résiduel chute de blocs : ALP'GEORISQUES n°22071529 du 27/07/2022
Notes DCA	<ul style="list-style-type: none"> - Note 2264/PPR/AU.EP du 17/07/2014 - Note 3600 MLA/AU.EP du 16/11/2017 (PPR 105-2017) - Note 4121/MLA/SAU.EP du 18/12/2018
Supports/données disponibles	LIDAR (Carte des pentes)
Objectifs / attentes de l'expertise terrain	Avis sur la cartographie de l'aléa MVT proposée par Alp'Géorisques sur la base d'une visite du site. De façon à pallier les contraintes d'accessibilité et de visibilité (végétation) sur la partie amont du site, seuls les éléments relatifs à l'aléa de départ du rapport Alp'Géorisques (réf 22071529, juillet 2022) sont pris en compte

LIDAR – cartes des pentes



Zonage de l'aléa MVT proposé par ALP'GEORISQUES



Date de la visite: 09/03/2023

Nom expert(s): C Garnier (BRGM/DAT)

Synthèse des observations

Description générale /
Données nouvelles

L'examen du site a consisté en une inspection visuelle du versant, permettant de constater les terrassements réalisés, avec la création de différents talus et risbermes, ainsi qu'en pied de versant d'une fosse de réception de l'ordre en moyenne de 3 à 4 m de large et 1,50 m de hauteur. Lors de la visite, au-delà d'un dépôt de matériaux de faible hauteur disposé sur une partie du linéaire de la fosse, l'ouvrage ne présentait pas d'ouvrage d'arrêt.

Contexte géomorphologique

Compte-tenu du masque végétal et des difficultés d'accès, les observations sur une large partie du versant ne permettent pas d'apprécier avec précision les caractéristiques des matériaux en place et concernant la présence d'éventuelles menaces rocheuses. Selon Alp'Géorisques, les talus supérieurs sont en mesure de générer des instabilités d'intensité faible à modérée (volume unitaire a priori inférieur à 1 m³ si les classes de la Mezap 2022, ont été prises comme référence). Sur les zones accessibles et sans couvert végétal (partie inférieure du versant), les talus montrent des menaces potentielles de volume globalement limité (généralement jusqu'à quelques centaines de litres), à l'exception du premier talus où des masses plus volumineuses apparaissent susceptibles de se détacher.

Facteurs aggravants

Outre la végétation se développant sur le versant, on notera la présence de niveaux de laves aux caractéristiques hétérogènes sur le site, avec localement des niveaux plus altérés et des horizons scoriacés. Ces caractéristiques pourraient sur le long terme, par modification plus ou moins significative de la géométrie du versant, altérer l'efficacité des risbermes. Par ailleurs, en l'état des aménagements observés, on peut s'interroger sur la capacité de l'ouvrage pare-blocs en pied de pente à stopper toutes les instabilités potentielles sur le long terme.

Phénomène de référence
(indice d'intensité, indice d'activité)

Sur la base des constats faits sur le site et des éléments Alp'Géorisques relatifs à l'aléa de départ, le phénomène de référence provenant de la partie supérieure du versant est constitué d'instabilités rocheuses de volume unitaire maximum inframétrique à métrique (indice d'intensité jugé faible à moyen selon les classes Mezap). L'occurrence d'instabilités mobilisant des volumes unitaires supérieurs (supramétriques; indice d'intensité fort), depuis la partie basse du site et plus particulièrement du talus inférieur, est par ailleurs à prendre en compte (indice d'activité moyen, soit de l'ordre d'un bloc de référence tous les 10 ans).

Re-évaluation de l'aléa /
besoins complémentaires

L'aléa de départ est jugé par Alp'Géorisques de niveau faible à moyen (intensité faible à modérée) depuis la partie supérieure du site, et de niveau moyen à fort (intensité modérée à forte) dans sa partie inférieure. Les observations faites sur le site tendent à confirmer ces éléments, avec notamment une configuration du talus inférieur globalement propice à libérer des volumes conséquents. En conséquence, il est proposé de maintenir un niveau d'aléa moyen sur l'ensemble du versant à l'exception de sa partie basse, où un classement en aléa fort est recommandé sur le talus inférieur et en pied de versant sur une bande de 5 m au moins au-delà de la fosse aménagée (absence d'ouvrage d'arrêt; aléa moyen au-delà sur au moins une dizaine de mètres de large).



Vue de la partie nord de la fosse à blocs et des terrains en arrière ; talus en surplomb masqué par la végétation



Vue des parties centrale et sud de la fosse à blocs et des terrains en arrière



Talus en parties intermédiaire et supérieure du versant; laves fracturées et niveaux de scories



Talus inférieur partiellement végétalisé, surplombant la fosse à blocs (niveaux de lave altérés)



Talus en parties inférieure et intermédiaire du versant, largement masqués par la végétation

Synthèse des observations et conclusion sur le niveau d'aléa

Avis sur possibilités de sécurisation (pour diminuer le niveau d'aléa ou pour sécuriser le projet)

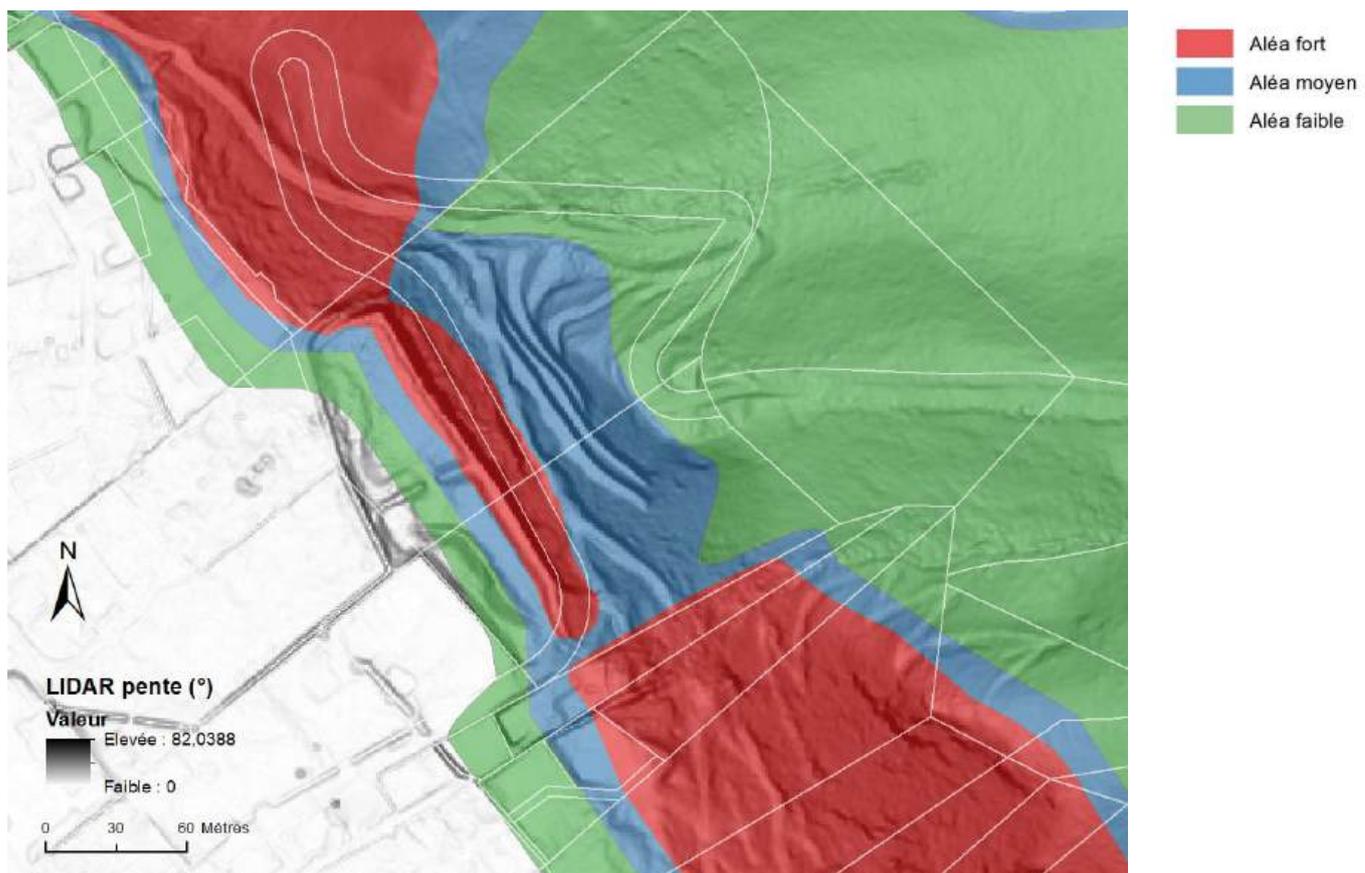
Les constats faits sur site ont été complétés, en ce qui concerne uniquement l'aléa de départ depuis la moitié supérieure du versant, à partir des éléments d'analyse provenant du rapport Alp'Géorisques (2022).

L'ensemble de ces éléments d'analyse conduisent à s'interroger sur l'efficacité des ouvrages actuels à assurer une protection optimale contre les chutes de blocs sur le long terme. En particulier, on peut s'interroger sur une possible et progressive réduction de la capacité des risbermes, à échéance de 100 ans, à reprendre l'intégralité des instabilités potentielles compte-tenu de l'évolution à craindre de la géométrie des aménagements consécutive au départ de matériaux (processus favorisé par les circulations d'eau et ravinements associés, et par la présence de niveaux scoriacés).

Par ailleurs, les caractéristiques actuelles de l'ouvrage aménagé en pied de versant, et notamment l'absence de merlon d'arrêt conduisent en l'état à s'interroger sur le niveau de protection apporté, à la fois contre les instabilités pouvant prendre naissance à plus ou moins court terme à partir du talus inférieur mais également contre les instabilités susceptibles de se propager depuis la partie supérieure du versant en tenant compte de la réduction de l'efficacité des risbermes évoquée précédemment.

Proposition cartographique le cas échéant

Classement du versant en aléa moyen à l'exception du talus inférieur, de la fosse aménagée en pied de versant et d'une bande de terrain d'au moins 5 m de large au-delà de celle-ci en aléa fort (classement en aléa moyen sur au moins 10 m puis faible au-delà).



Nom du site : RAIMATEA

Ile : TAHITI

Commune : Tairapu Est - Afaahiti

Localisation



Pk 6 Afaahiti

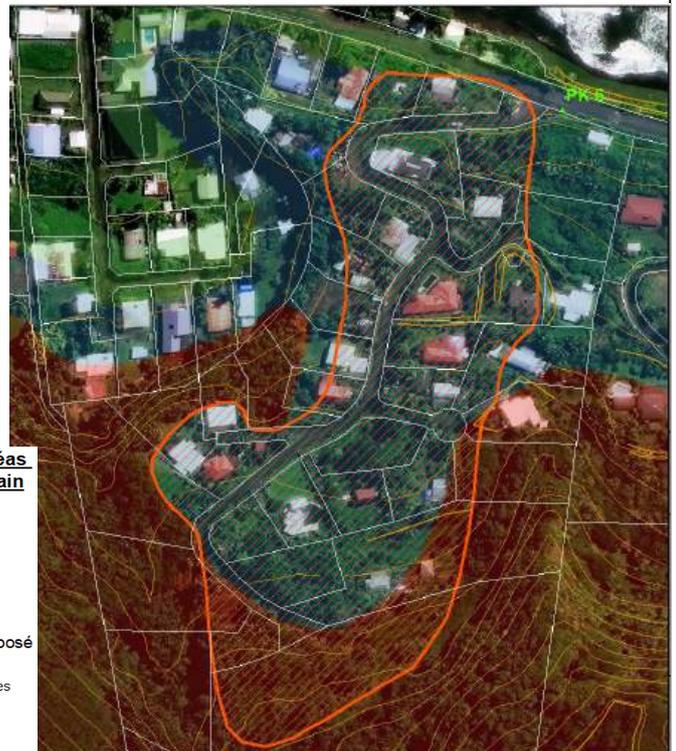
Photo satellite 2020

Courbes de niveau 10 m

Cartes d'aléas

Carte d'aléa d'origine (BRGM – 2010)

Carte d'aléa révisée – Géolithe 2022



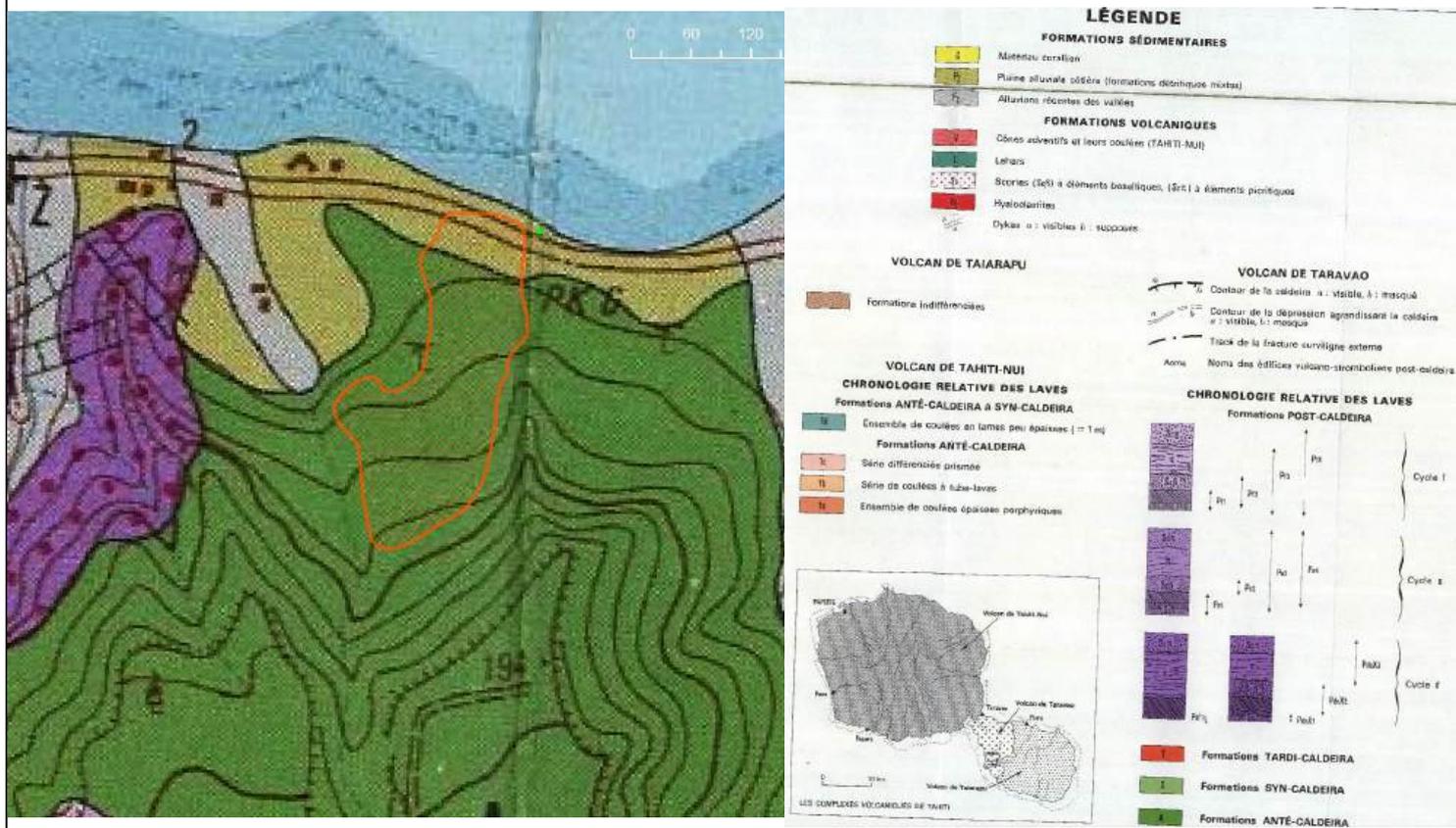
Cartographie des aléas mouvement de terrain

- Risque fort
- Risque moyen
- Risque faible
- Risque nul à faible
- Zone fluage supposé

0 20 40 60 Mètres



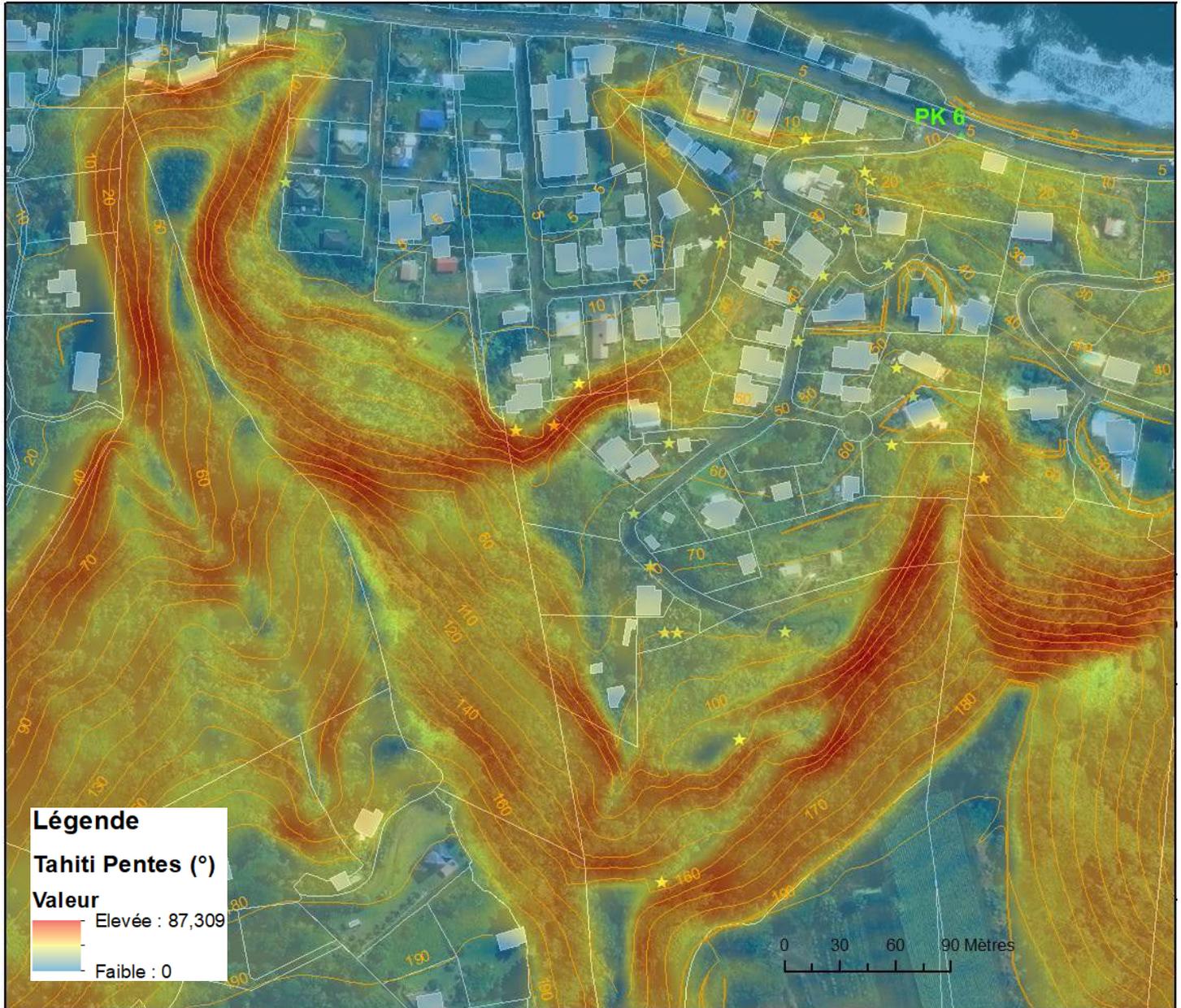
Carte géologique



Caractérisation de l'aléa MVT

Type de phénomène	Fluage et éboulements ponctuels
Description	Fluage générant des désordres structurels sur des habitations et infrastructures (route). Circulation d'eau souterraine importante
Evènement(s) recensé(s) sur le site	<ul style="list-style-type: none"> - Déc. 1998 : Glissement ayant détruit une habitation en bois lié à un remblai - Février 2001 : Glissement ayant endommagé une maison - Fluage générant des désordres réguliers : fissures, affaissement de route, glissements de talus, etc.
Etudes réalisées	<ul style="list-style-type: none"> - Rapport Géolithe Lot 1 (22-0047 Rapport de synthèse) Fiche analytique A19
Notes DCA	<ul style="list-style-type: none"> - Note 52 MET/AU.EP du 08/01/2016 (29-2015) - Note 3200/MLA/SAU.EP du 04/10/2018(57-2018) - Note 2056 MLA/SAU.EP du 19/06/2019 (30-bis 2019) - Note 1993 MLA/AU.EP du 13/06/2019 (46-2019) - Note 1107 MLA/SAU du 16/04/2020 (57-2020) - Note 1955 MLA/SAU du 10/07/2020 (136-bis-2020) - Note 5561 MLA/SAU du 07/12/2020 (292-2020) - Etude APIGEO A140-AB-22 du 05/12/2022 (175-2022)
Supports/données disponibles	Carte des pentes
Objectifs / attentes de l'expertise terrain	Analyse du site et consultation de l'expertise de Géolithe (2022) qui a proposé une réévaluation du zonage de l'aléa mouvement de terrain sur la base d'une visite de terrain

Carte des pentes



Date de la visite: 09/03/2023

Nom expert(s): C Garnier (BRGM/DAT)

Synthèse des observations

Description générale	Le site d'étude correspond à un secteur déjà largement urbanisé installé en surplomb de la route, dont le bâti s'organise autour d'une voie de desserte progressant sur le versant sur un dénivelé approchant 80 m environ.
Contexte géomorphologique	Le secteur étudié correspond à un « reliquat » de planèze délimité au sud-est et au nord-ouest par deux versants rocheux (respectivement d'une centaine de mètres et près de 40 m de dénivelé), et sur sa partie sud-ouest par un thalweg encaissé. Sur les zones aménagées, l'essentiel des pentes s'établit entre 10° et 30°, avec localement des pentes de l'ordre de 30° à 40° (en particulier sur la partie amont du secteur), mais aussi la présence de talus subverticaux de plusieurs mètres de hauteur délimitant certaines propriétés. La partie inférieure du versant est marquée par un ressaut d'une dizaine de mètres de hauteur (pente moyenne de 30° à 40°, localement terrassée avec la présence de talus subverticaux).
Facteurs aggravants	Le secteur est caractérisé de longue date par un riche historique en termes de mouvements du sous-sol (glissements de versant dans la partie haute du site, liés notamment à la réalisation de terrassements, et phénomènes plus localisés). Les témoignages recueillis auprès de riverains attestent de désordres réguliers ces dernières années (déformation souple des chaussées et caniveaux, fissuration de structures bâties, etc.), avec une reprise d'activité directement tributaires de forts cumuls pluviométriques. Cette sensibilité apparaît conjointement à la sensibilité aux variations de teneur en eau des terrains constitutifs du sous-sol (colluvions à blocs et remblais sur une épaisseur variable mais potentiellement plurimétrique) et au contexte hydrogéologique local (plusieurs résurgences identifiées sur le secteur, apports d'eau significatifs par circulations souterraines et écoulements de surface depuis le plateau situé en amont de la zone). Les modalités de gestion des eaux pluviales sur la zone constituent par ailleurs un facteur aggravant.
Phénomène de référence (indice d'intensité, indice d'activité)	Au-delà de phénomènes localisés de chute de blocs, le secteur d'étude est principalement exposé à une activité glissement de terrain étroitement associée aux faibles caractéristiques mécaniques des terrains de couverture (colluvions aux propriétés résiduelles). Alors que la partie amont du site (aux pentes plus marquées) a été concernée en 1998 et 2001 par des glissements de versant probablement relativement profonds et à la cinématique plus ou moins rapide, la dynamique du secteur bâti est jusqu'à ce jour caractérisée par des mouvements connaissant des phases d'accélération en période de forts cumuls pluvieux mais restant globalement relativement lents et d'ampleur limitée. La profondeur mobilisée par ces désordres est inconnue mais pourrait potentiellement atteindre plusieurs mètres.
Re-évaluation de l'aléa / besoins complémentaires	La proposition de Géolithe (zonage spécifique en aléa moyen avec en cas de futurs projets réalisation d'une étude précisant les mesures constructives ainsi que les mesures annexes – drainage, etc. - requises) apparaît cohérente. L'analyse du site est jugée en adéquation avec le carte d'aléas révisée (Géolithe 2022). Compte-tenu de la méconnaissance sur la profondeur de glissement et sur sa dynamique en situation exceptionnelle (fortes accélérations voire « emballement » possible?) et des enjeux existants, la réalisation d'une étude géotechnique de versant s'appuyant sur un programme d'investigations détaillé et couplé à un suivi (déplacements VS facteurs hydro-météorologiques) est néanmoins recommandée afin de préciser les risques sur le secteur.

Photographies (clichés BRGM datés du 06/03/23)



Vue du versant dominant la zone d'étude (cliché de gauche) et de la partie basse de celle-ci depuis la route passant en pied (cliché de droite)



Exemples de déformations « souples » évolutives observées sur la chaussée et aux abords des constructions



Exemple de désordres aux structures bâties, potentiellement liés aux mouvements du sous-sol

Exemples de déformation « souples » et fissuration observées sur la chaussée et le bâti environnant



Glissement de talus (2019) en aval de chaussée, au niveau du ressaut présent dans la partie aval du secteur



Synthèse des observations et conclusion sur le niveau d'aléa Avis sur possibilités de sécurisation (pour diminuer le niveau d'aléa ou pour sécuriser le projet)

Les éléments de connaissance collectés sur le site et les informations apportées par l'expertise Géolithe (2022) conduisent à valider le zonage des aléas révisé (2022), avec notamment un classement en aléa moyen affectant l'essentiel du secteur et des enjeux présents.

En l'état des informations disponibles, un certain nombre d'interrogations persistent, en particulier :

- l'emprise exacte mais surtout la profondeur (ou les profondeurs mobilisées par les désordres, sachant que la couverture colluviale (avec localement des remblais liés à l'aménagement du site en déblai / remblai) peut vraisemblablement atteindre une épaisseur de plusieurs mètres ;
- Le lien éventuel dans les processus de déstabilisation entre les glissements assez massifs survenus dans les années 1998 à 2001 dans la partie haute du site, et les phénomènes à la cinématique moins marquée affectant ces dernières années (et plus anciennement?) le secteur en aval ;
- La cinématique prévisible du phénomène de glissement : mouvements en lien avec la saturation plus ou moins forte des terrains mais restants « lents » ? Possibles phases d'accélération en situation hydro-pluviométrique très dégradée, plus ou moins préjudiciables pour le bâti ? Risque « d'emballement » de la dynamique en situation exceptionnelle? Possible évolution en coulée de boue des glissements pouvant affecter la partie haute du site avec atteinte possible et potentiellement dégâts portés aux habitations ?

En conséquence, il est recommandé de poursuivre dès que possible l'acquisition de connaissance sur le site avec la réalisation d'une étude spécifique de stabilité (associée à un suivi a minima sur un cycle complet de 12 mois, des déplacements et des paramètres hydro-météorologiques) permettant de répondre autant que possible aux interrogations formulées précédemment, et si nécessaire d'adapter en conséquence le zonage des aléas.

Nom du site : AUEHI 2 (lotissement OPH)

Ile : TAHITI

Commune : Tairapu Est - Tautira

Localisation



Pk 16 Tautira

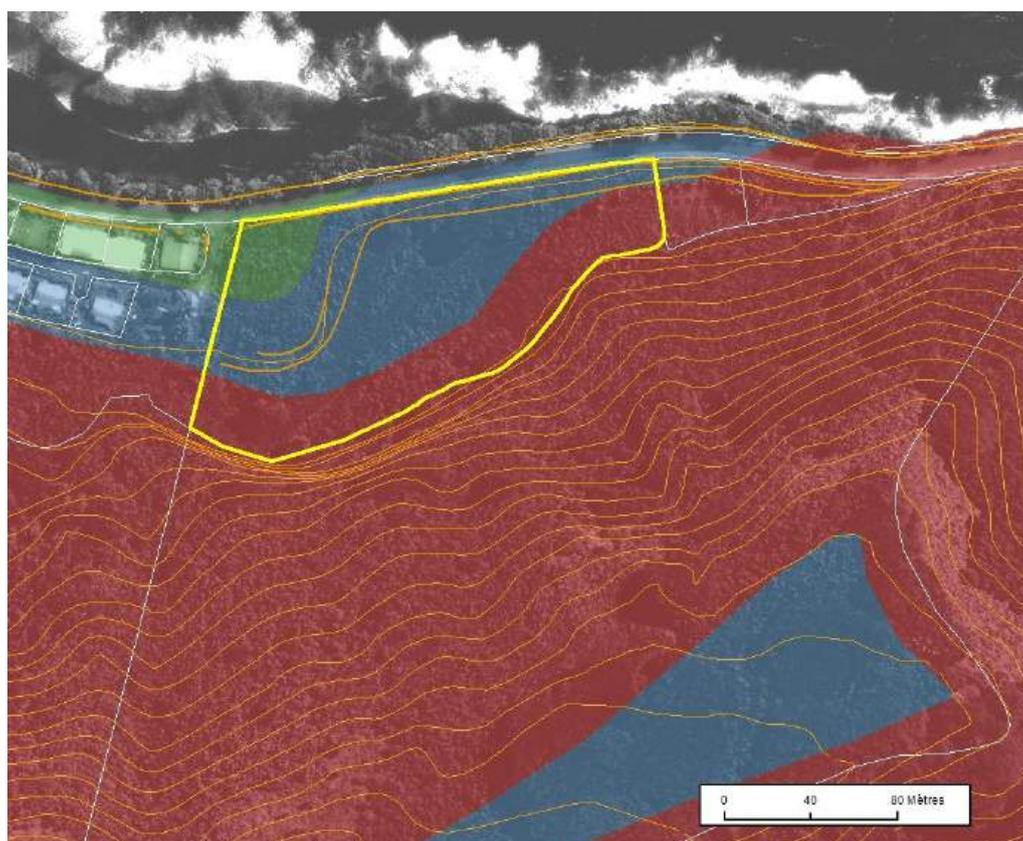
(parcelle AH9)

Photo satellite de 2020

Courbes de niveau 10 m

Cartes d'aléas

Carte d'aléa actuelle



-  Aléa fort
-  Aléa moyen
-  Aléa faible

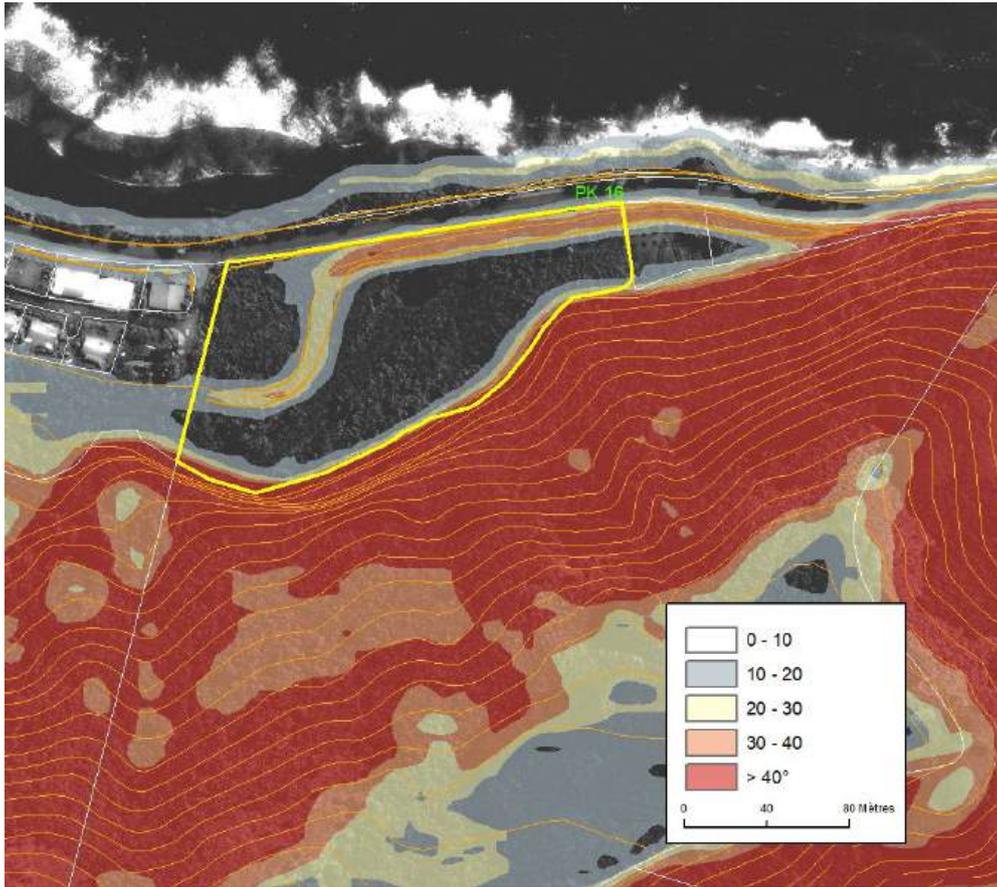
Carte géologique

Pas de carte géologique de la presqu'île de Tahiti

Caractérisation de l'aléa MVT

Type de phénomène	Chute de blocs
Description	Terrassement de plateformes devant accueillir un lotissement OPH au pied d'un versant de plus de 200m de haut présentant une paroi rocheuse subverticale sur près de 100 m de hauteur
Evènement(s) recensé(s) sur le site	Il n'y a pas d'évènement recensé sur le site
Etudes réalisées	<ul style="list-style-type: none">- Etude géotechnique G2 n° A108-LB-20 du 07/08/2020 (AVP, Avril 2020 et PRO, sept 2020)- apiGEO- Etude hydraulique C3R (dimensionnement ouvrage EP), octobre 2020
Notes DCA	<ul style="list-style-type: none">- Note 4220/MLA/SAU du 31/08/2020 (199-2020)- Note 519 MLA/DCA du 10/02/2021 (57-2021)
Supports/données disponibles	Carte des pentes (MNT)
Objectifs / attentes de l'expertise terrain	Analyse du site et avis sur le zonage des aléas en l'état des aménagements sur le site, sur la seule base des observations visuelles faites depuis le pied de versant

Carte des pentes



Plan des terrassements réalisés



Date de la visite: 06/03/2023

Nom expert(s): C Garnier (BRGM/DAT)

Synthèse des observations

Description générale	La zone d'expertise se développe sur près de 200 m de long sur une plate-forme subhorizontale aménagée au pied d'un versant. Des terrassements de cette plate-forme ont été réalisés, avec la mise en remblais de matériaux sur la partie accolée au versant, sur une hauteur et une largeur de l'ordre de 6 m et 10 m (avec risberme intermédiaire).
Contexte géomorphologique	Le projet s'inscrit au pied d'un versant de 200 m de hauteur environ, dont 70 m à près de 100 m de paroi abrupte (déclivité de l'ordre de 60° à 80°) en partie inférieure. Le versant est densément boisé, empêchant quasiment tous constats relatifs aux caractéristiques des niveaux laviques en constituant l'ossature. Le seul point d'observation possible (partie ouest du linéaire sur moins de 10 m de large et sur les 40 premiers mètres environ) montre des niveaux de lave plus ou moins fracturés et altérés, avec la présence de niveaux de scories, se débitant en éléments de volume assez limité (inframétriques à métriques). La présence d'une couverture colluviale est suspectée dans la partie supérieure (moins abrupte) du versant.
Facteurs aggravants	Le masque végétal ne permet pas de préciser les facteurs aggravants à l'échelle du site. Sur la base des constats pouvant être faits sur le seul point d'observation possible en partie ouest du versant, on pointera la fracturation des niveaux de lave et la présence d'alternances scoriacées (ainsi que la couverture boisée) comme facteurs contribuant au démantèlement du versant, facteurs dont la présence peut a priori être généralisée à l'ensemble du site. Les ruissellements superficiels depuis la partie haute du versant constituent par ailleurs un facteur de déstabilisation.
Phénomène de référence (indice d'intensité, indice d'activité)	Le manque d'historique connu et l'absence quasi générale de visibilité sur le versant du fait de la végétation contraignent fortement la définition du phénomène de référence. La partie est du versant montre une végétation moins développée sur 15 à 20 m de large et sur plus de 50 m de hauteur environ, pouvant correspondre (?) à une cicatrice d'arrachement plus ou moins récente. Une autre possible cicatrice d'arrachement est observable en partie ouest du versant. Sur la base de ces éléments, deux phénomènes de référence sont retenus: 1/ l'occurrence de « glissements » affectant la couverture d'altération et/ou de colluvions du versant (volume mobilisé de plusieurs dizaines à une centaine de m ³ , indice d'activité moyen), 2/ la chute de compartiments rocheux de volume unitaire potentiellement de l'ordre de 1 m ³ , voire plus (indice d'intensité fort, indice d'activité moyen)



Vue générale de la partie est du versant et des terrassements réalisés en pied; possible ancienne cicatrice d'instabilité



Vue générale de la partie ouest du versant et des terrassements réalisés en pied; possible ancienne cicatrice d'instabilité



Possible ancienne cicatrice d'instabilité (vue rapprochée) observable dans la partie ouest du versant



Vue générale des terrassements (avec risberme intermédiaire) dominant le projet de lotissement, et (cliché de droite) plate-forme subhorizontale en pied de versant

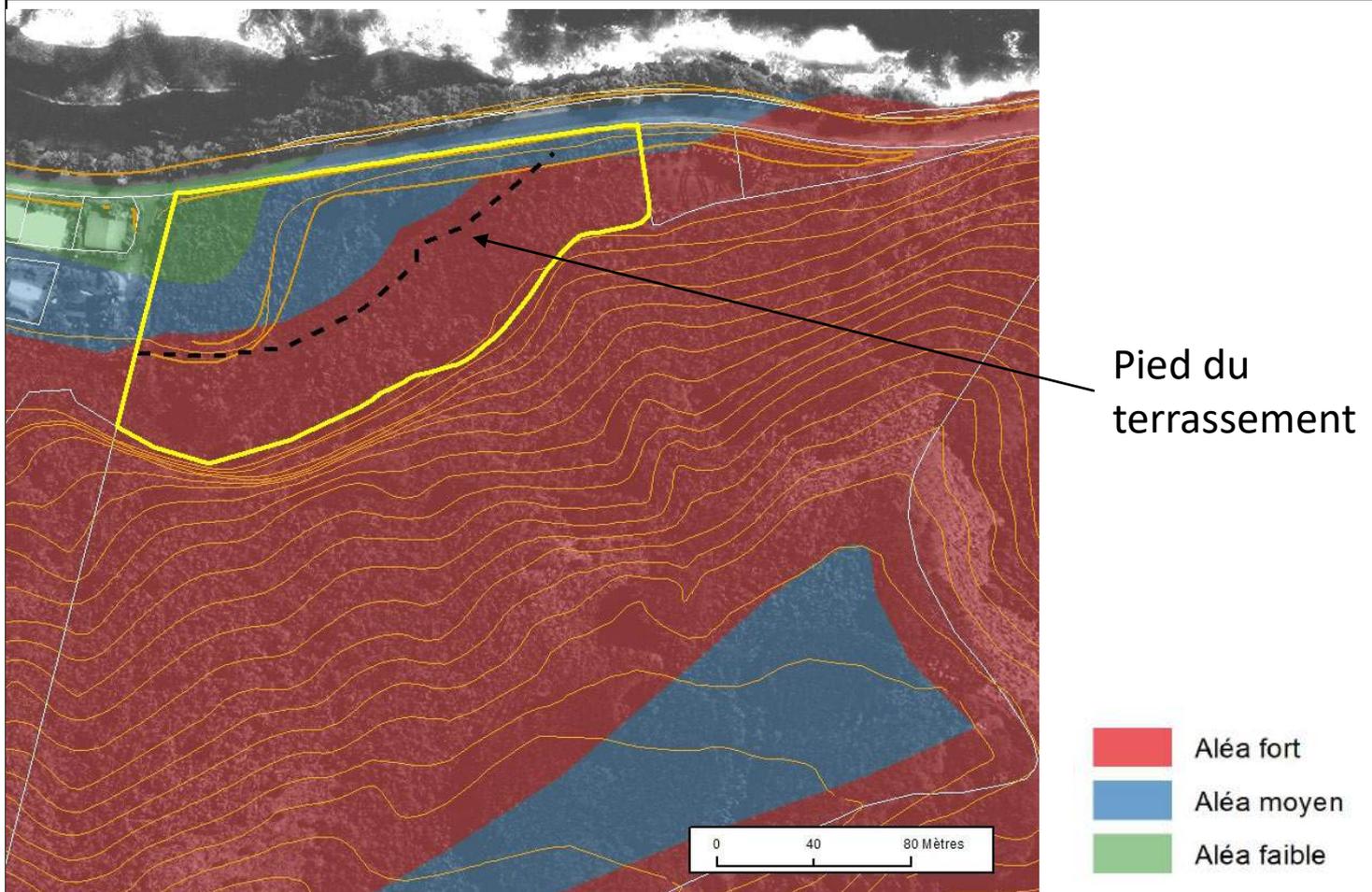
Synthèse des observations et conclusion sur le niveau d'aléa

Avis sur possibilités de sécurisation (pour diminuer le niveau d'aléa ou pour sécuriser le projet)

Les éléments d'expertise disponibles actuels conduisent à retenir deux types de phénomènes de référence sur le site (« glissement » des terrains de couverture d'une part et chutes de blocs d'un volume unitaire d'au moins 1 m³). Seule la réalisation de reconnaissances détaillées dans le versant, difficilement envisageables du fait du contexte topographique et d'une accessibilité problématique, permettrait de préciser le ou les phénomènes de référence prévisibles. En l'état des connaissances, on considérera que les terrassements actuels réalisés en pied de versant ne sont pas de nature à apporter un niveau de sécurisation suffisant sur le long terme vis-à-vis des phénomènes de référence retenus (absence en particulier d'une merlon en partie aval de la plate-forme sommitale faisant office d'ouvrage d'arrêt et aménageant une « fosse à blocs »).

En conséquence, dans l'attente d'éventuelles connaissances complémentaires et/ou des garanties qui pourront à l'avenir être apportées quant à la conception et le dimensionnement des ouvrages de protection, il est recommandé de maintenir une bande de 10 m de large en aléa fort au-delà du pied des terrassements actuels (aléa moyen au-delà).

Cartographie de l'aléa mouvements de terrain actualisée



Nom du site : TIPAERUI

Ile : TAHITI

Commune : FAA'A

Localisation



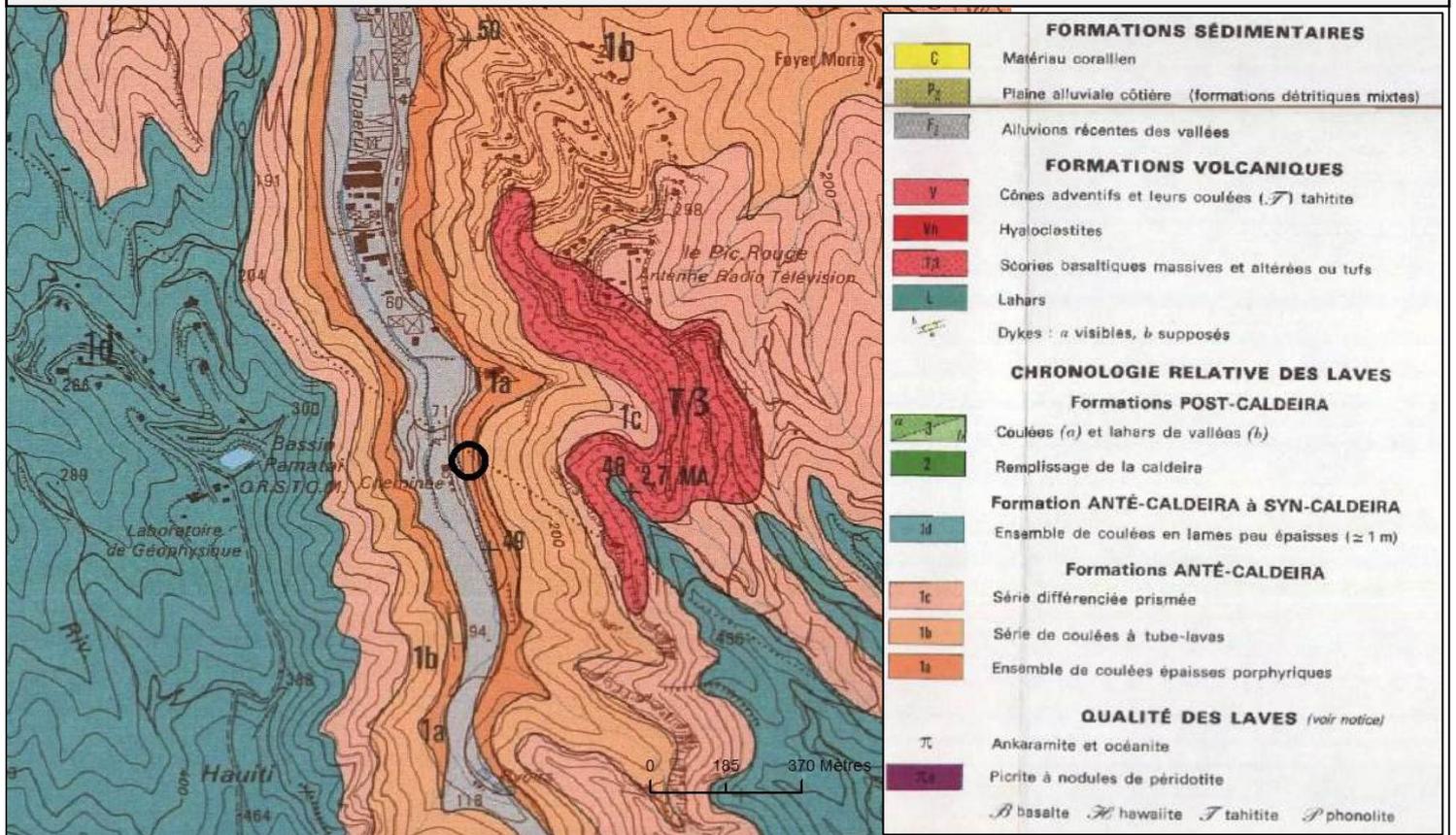
Pk 1 Faa'a
(parcelle V1023)

Cartes d'aléas

Carte d'aléa actuelle



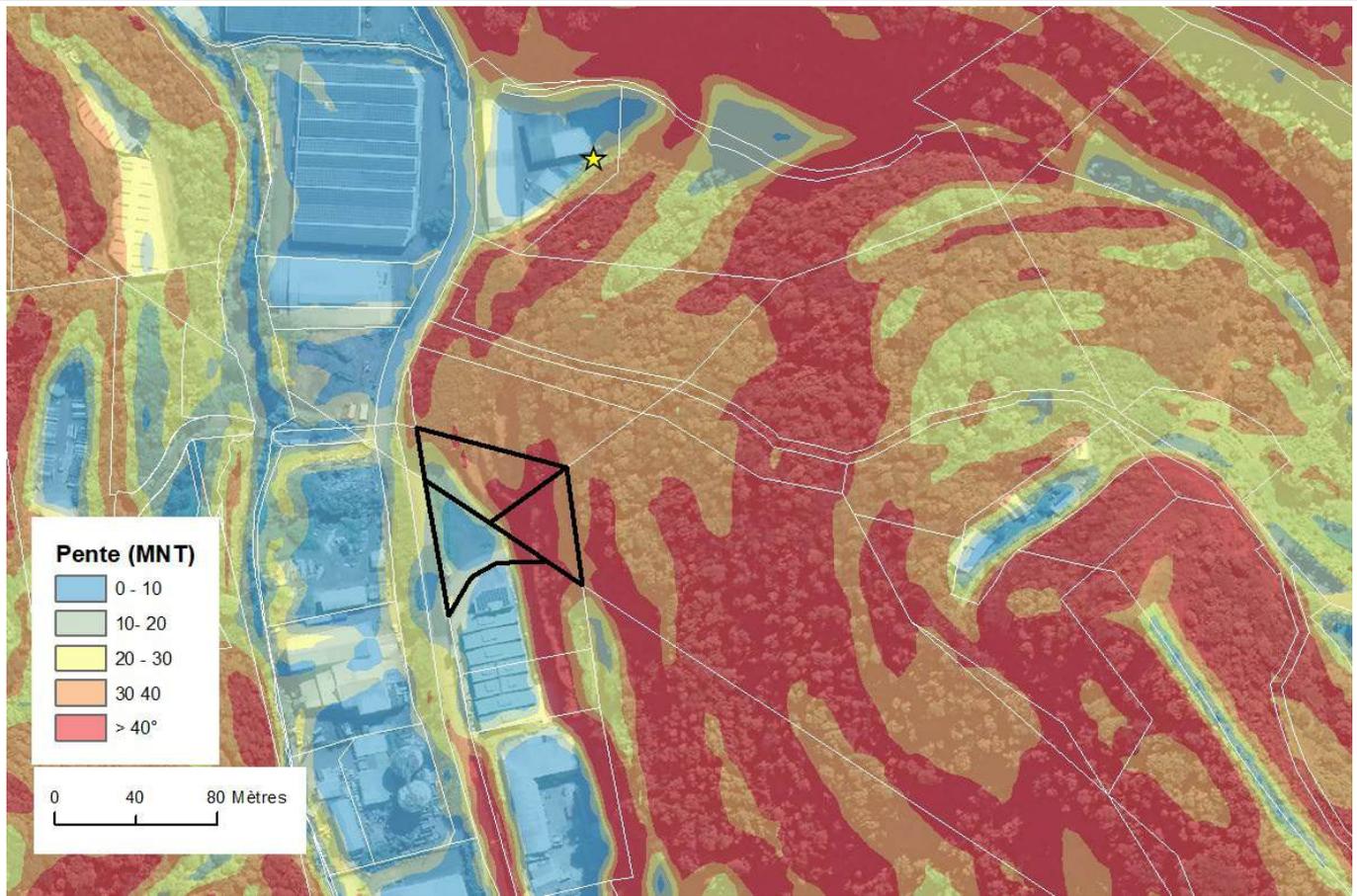
Carte géologique



Caractérisation de l'aléa MVT

Type de phénomène	Chute de blocs
Description	Plateforme en pied de relief avec terrassement en partie inférieure du versant.
Evènement(s) recensé(s) sur le site	Il n'y a pas d'évènement recensé sur le site mais évènements de chutes de blocs à proximité (200 m au Nord)
Etudes réalisées	<ul style="list-style-type: none"> - Etude apiGEO n° A 184-LB-16 du 24/08/2016 - Complément apiGEO par voir électronique, SAU arrivée n°1722 du 17/03/2017
Notes DCA	<ul style="list-style-type: none"> - Note 1437 MLA/AU.EP du 18/05/2017
Supports/données disponibles	Carte des pentes
Objectifs / attentes de l'expertise terrain	Analyse du site et du niveau d'aléa au niveau de la plateforme, sur la seule base de la reconnaissance pédestre du secteur. Avis sur les possibilités de sécurisation pour diminuer le niveau d'aléa

Carte des pentes



★ Chute de bloc de février 2016



Date de la visite: 09/03/2023

Nom expert(s): C Garnier (BRGM/DAT)

Synthèse des observations

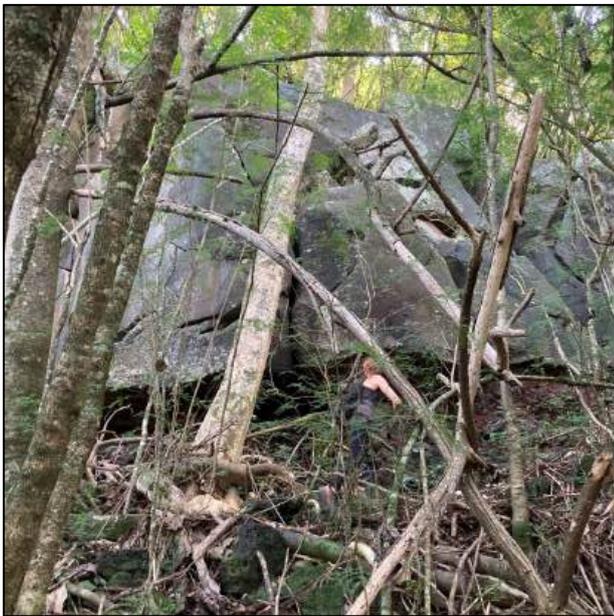
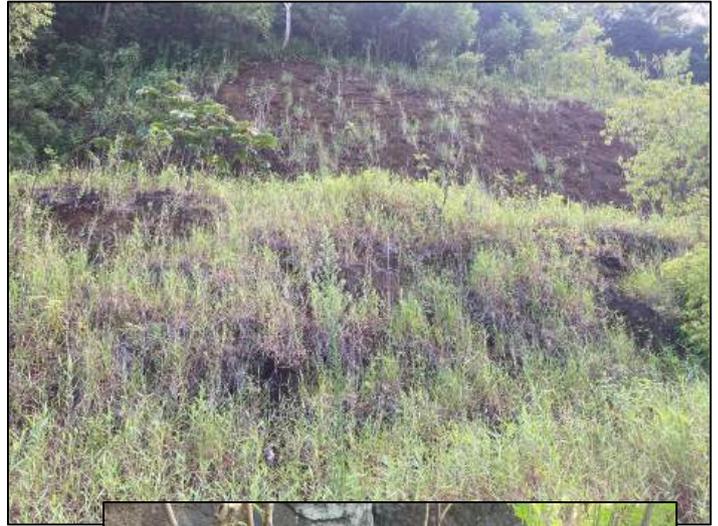
Description générale / Données nouvelles	Projet de terrassements en déblai/remblai en pied de relief pour réalisation d'une plate-forme (parking, zone de stockage). D'après les informations orales collectées, le projet prévoirait notamment la réalisation d'un talus subvertical en déblai au nord-est de la plate-forme actuelle; le versant à l'aplomb de celle-ci est actuellement en redans pour la protection contre les chutes de blocs. Une étude G2PRO du LTP (étude géotechnique de conception – Terrassements et sécurisation de talus; 2023/0010) est disponible mais n'est pas intégrée à la présente analyse.
Contexte géomorphologique	La zone de projet est en l'état dominée par 3 redans (déblais rocheux) et une plate-forme amont, se prolongeant vers l'amont par un versant boisé à fortes pentes (de l'ordre de 35° à 45° environ) sur au moins 150 m de dénivelé. Ce versant est couvert de colluvions limoneuses à blocs posés dans la pente, de dimensions le plus souvent pluridécimétriques à métriques, plus exceptionnellement supramétriques. A près des trois quarts de sa hauteur totale, le versant est marqué par une barre rocheuse subverticale de lave massive, de 10 m à plus de 20 m de hauteur, fracturée en gros compartiments. Cette barre présente une assise scoriacée (favorisant un surplomb plus ou moins prononcé) et des arrivées d'eau localisées. En arrière, le versant se prolonge sur 50 m de dénivelé environ par des pentes fortes avec la présence de pointements rocheux et de nombreux blocs posés dans la pente.
Facteurs aggravants	La fracturation du massif associée à la végétation et au sous-cavage se développant dans l'assise scoriacée favorisent une activité chutes de blocs mobilisant des volumes au départ de volumes inframétriques à décamétriques (volume unitaire inférieur à 1 m ³ à potentiellement plusieurs m ³). Les pointements rocheux en amont de la barre, mais aussi les nombreux blocs posés dans la pente présentent un potentiel de remobilisation relativement important.
Phénomène de référence (indice d'intensité, indice d'activité)	Chutes de blocs avec un indice d'intensité moyen à fort et un indice d'activité moyen (de l'ordre d'un bloc de référence tous les 10 ans) à faible (de l'ordre d'un bloc de référence tous les 100 ans).
Re-évaluation de l'aléa / besoins complémentaires	Au regard de la morphologie du versant et des masses potentielles au départ, les constats visuels faits conduisent à confirmer le zonage des aléas actuels avec un aléa fort impactant l'ensemble de la plate-forme du projet, matérialisant une atteinte possible par un bloc potentiellement métrique à plurimétrique, provenant préférentiellement de la barre rocheuse, voire des pointements rocheux en amont et/ou des blocs éboulés remobilisables.

Photographies (clichés BRGM datés du 09/03/23)

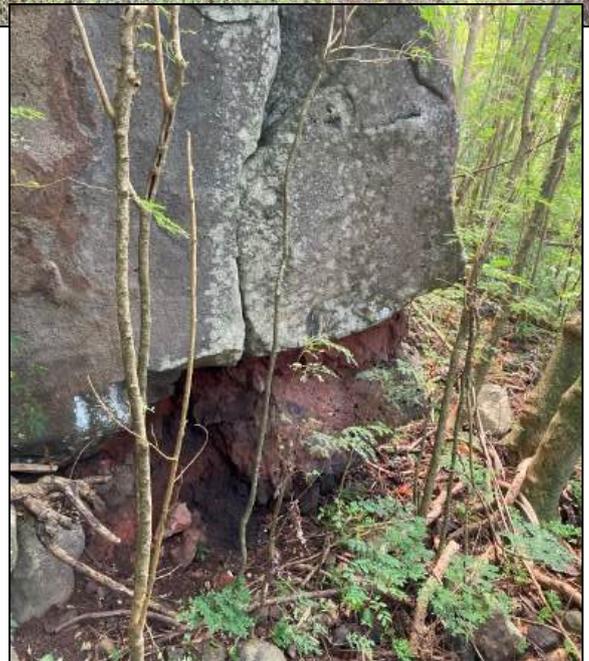


Talus et risbermes vus depuis la plate-forme en pied de versant

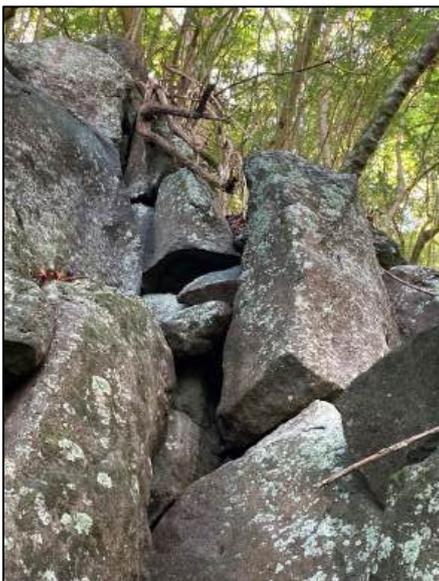
Talus et risbermes en partie supérieure des aménagements surplombants la plate-forme



Barre massive subverticale fracturée en partie supérieure de versant, avec assise scoriacée favorisant le sous-cavage



Exemples de compartiments instables métriques à supramétriques au niveau de la barre rocheuse en partie supérieure de versant



Exemples de compartiments remobilisables dans la pente en amont de la barre rocheuse présente en partie supérieure de versant



Synthèse des observations et conclusion sur le niveau d'aléa

Avis sur possibilités de sécurisation (pour diminuer le niveau d'aléa ou pour sécuriser le projet)

Les constats faits conduisent à confirmer le zonage des aléas actuels avec un aléa fort impactant l'ensemble de la plate-forme du projet. Cet aléa matérialise le scénario possible d'une atteinte du projet par un bloc de volume potentiellement métrique à plurimétrique, dont la zone de départ préférentielle se situe au niveau de la barre subverticale présente en partie haute de versant. Celle-ci est susceptible de libérer des éléments inframétriques à décamétriques. Les pentes en amont de cette barre rocheuse (pointements rocheux, blocs remobilisables), ainsi qu'en aval (blocs remobilisables) constituent également des zones d'alimentation possibles (volume unitaire inframétrique à métrique, voire supramétrique de façon plus exceptionnelle).

Concernant le risque de chutes de blocs se détachant des talus terrassés en partie basse de versant (faciès de laves plus ou moins altérées et fracturés et de niveaux scoriacés), celui-ci apparaît en l'état faible, les éléments (globalement le plus souvent jusqu'à quelques dizaines de litres, plus exceptionnellement jusqu'à quelques centaines de litres) étant repris par les risbermes à leur pied; seules les masses se détachant du talus inférieur semblant pouvoir, de fait, atteindre la plate-forme concernée par le projet.

Une révision éventuelle du zonage nécessite un diagnostic spécifique s'appuyant (1) sur une qualification détaillée de l'aléa de départ (intégrant les différentes zones d'alimentation identifiées), (2) sur des simulations trajectographiques intégrant la topographie fine du versant. Ces éléments d'expertise seront seuls à même de préciser la capacité de sécurisation du projet ainsi que les caractéristiques des ouvrages adaptés.

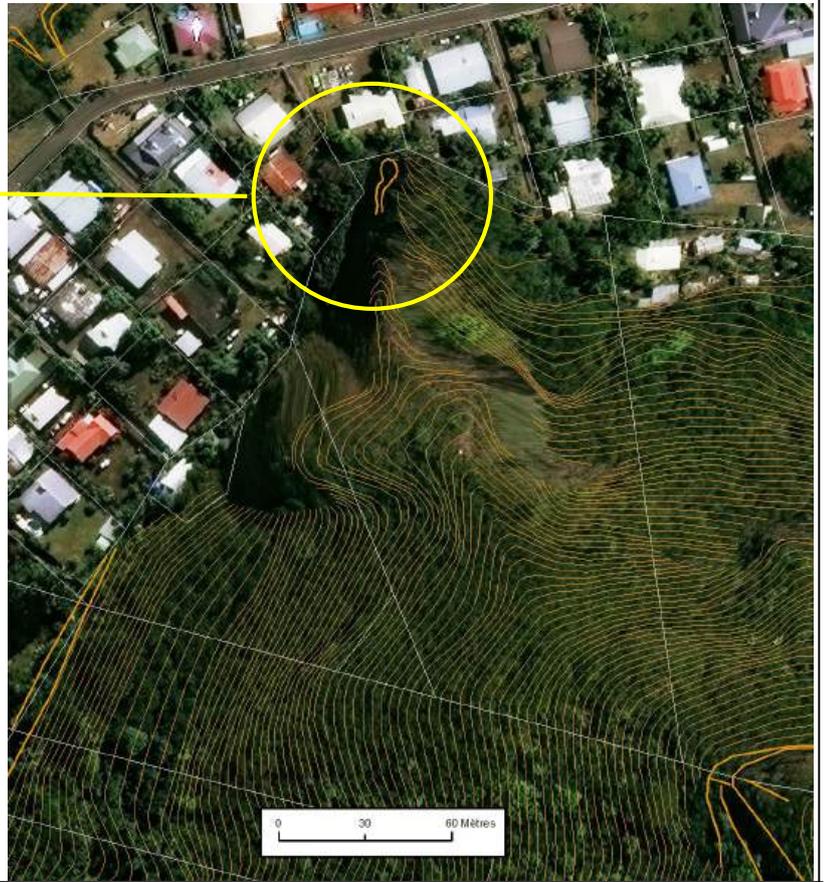
Proposition cartographique le cas échéant

Nom du site : CB PAEA

Ile : TAHITI

Commune : PAEA

Localisation



Pk 21,8 Paea

Vallée de la Vaiatu

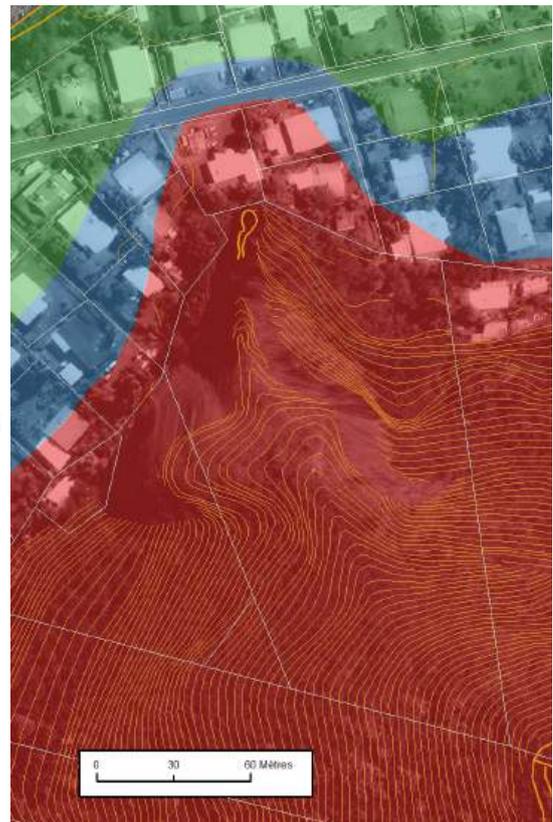
Photo satellite 2020

Courbes de niveau espacées tous les 2 m

Carte d'aléa

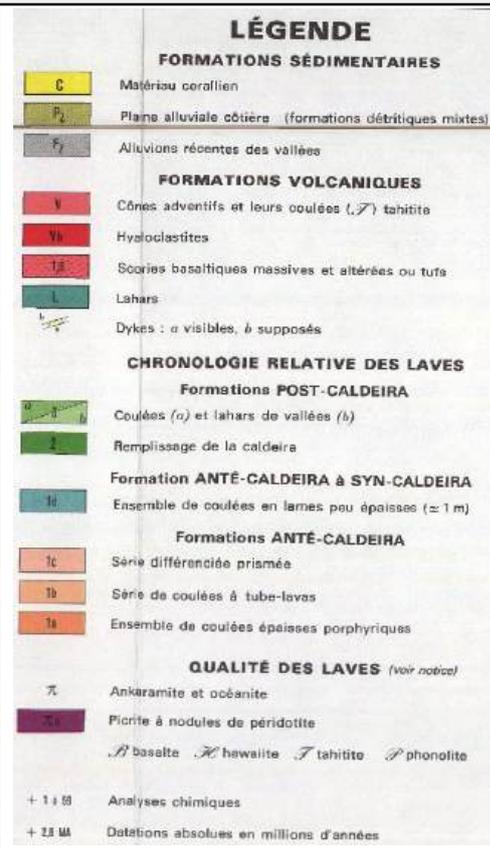
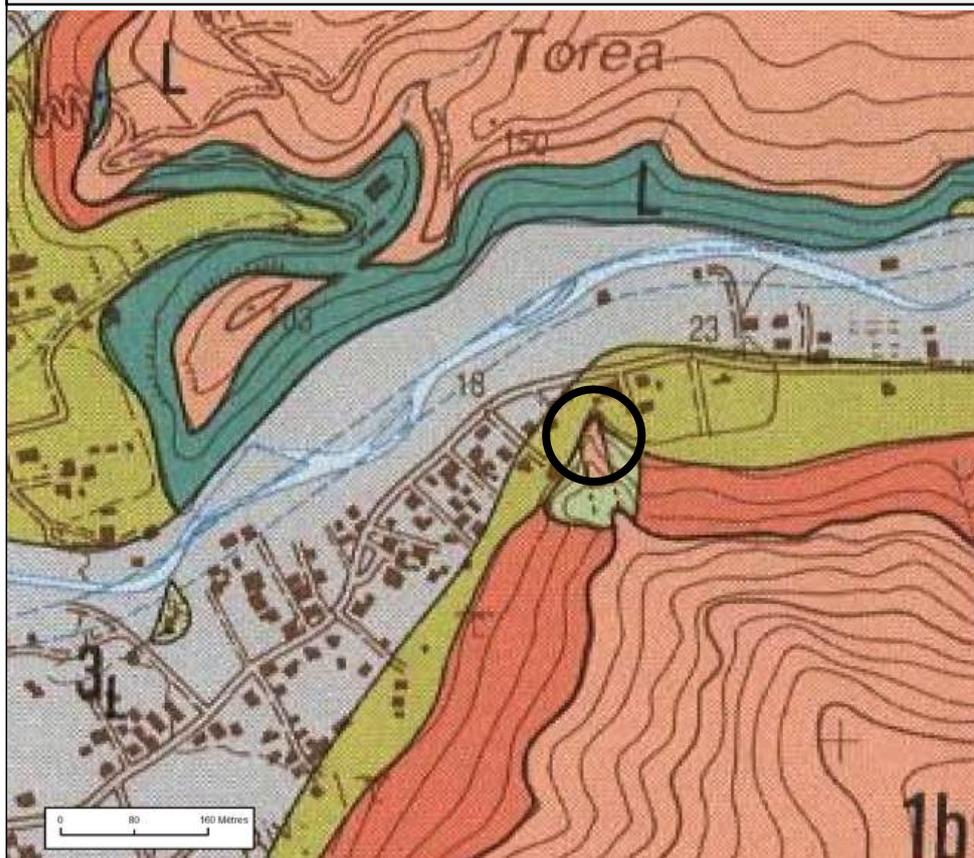
Carte d'aléa d'origine (BRGM –2010)

Zonage de l'aléa actuel (modifié en 2022)



- Aléa fort
- Aléa moyen
- Aléa faible

Carte géologique



Caractérisation de l'aléa MVT

Type de phénomène	Chute de blocs
Description	Chutes de blocs récurrentes en amont immédiat d'habitations: certains blocs ont été stoppés par la végétation mais d'autres ont atteint les zones habitées. Aléa fort MVT, versant avec plusieurs barres rocheuses
Evènement(s) recensé(s) sur le site	- déc. 2014 ou mai 2015 : chute de bloc (env. 3m ³) au droit de la parcelle AW19 - Présence de blocs décimétriques à métriques en pied de versant (parcelle AW21)
Etudes réalisées	- Aucune étude spécifique réalisée par un BE
Notes DCA	- Note 3220 MET/AU.EP.int du 12/11/2015 (PPR 13-2015)
Supports/données disponibles	- LIDAR 2020 - Carte des pentes / ombrages
Objectifs / attentes de l'expertise terrain	Analyse du site, évaluation du niveau d'aléa et d'imminence du danger / aux chutes de blocs pour les habitats situés en aval immédiat du site, sur la base d'observations visuelles faites depuis le pied d'escarpement

Carte des pentes

Barre
rocheuse en
surplomb

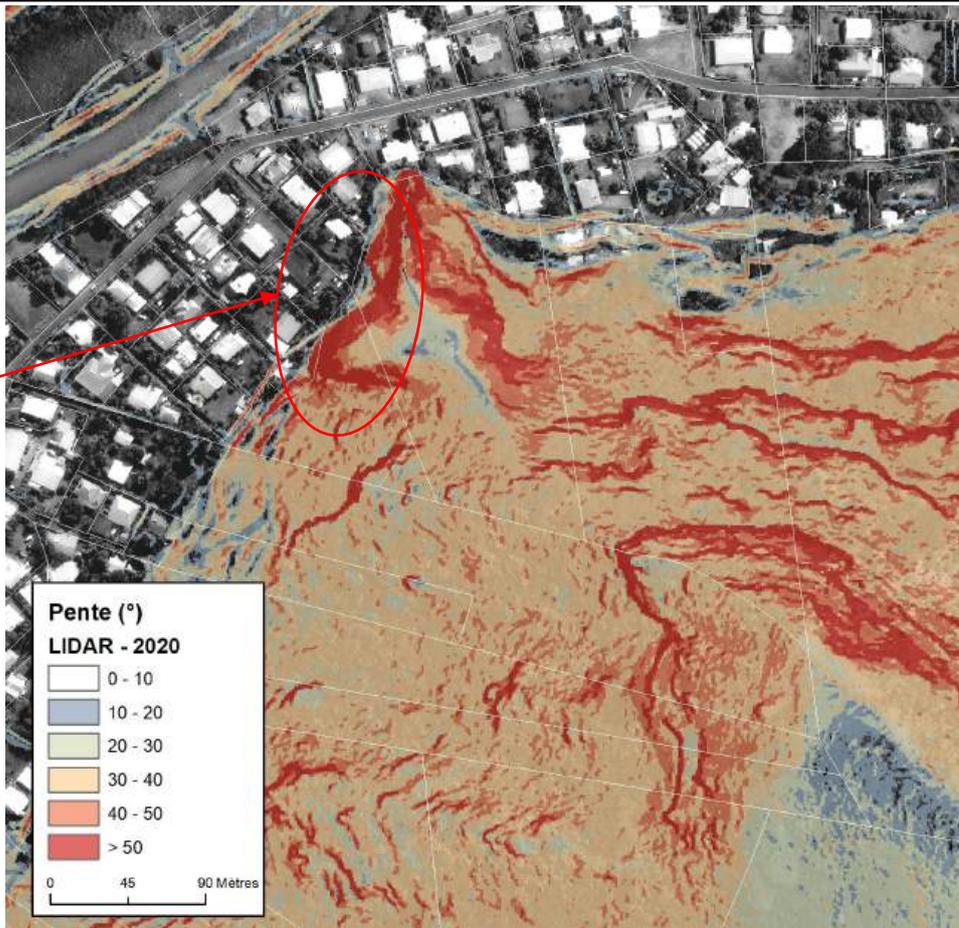
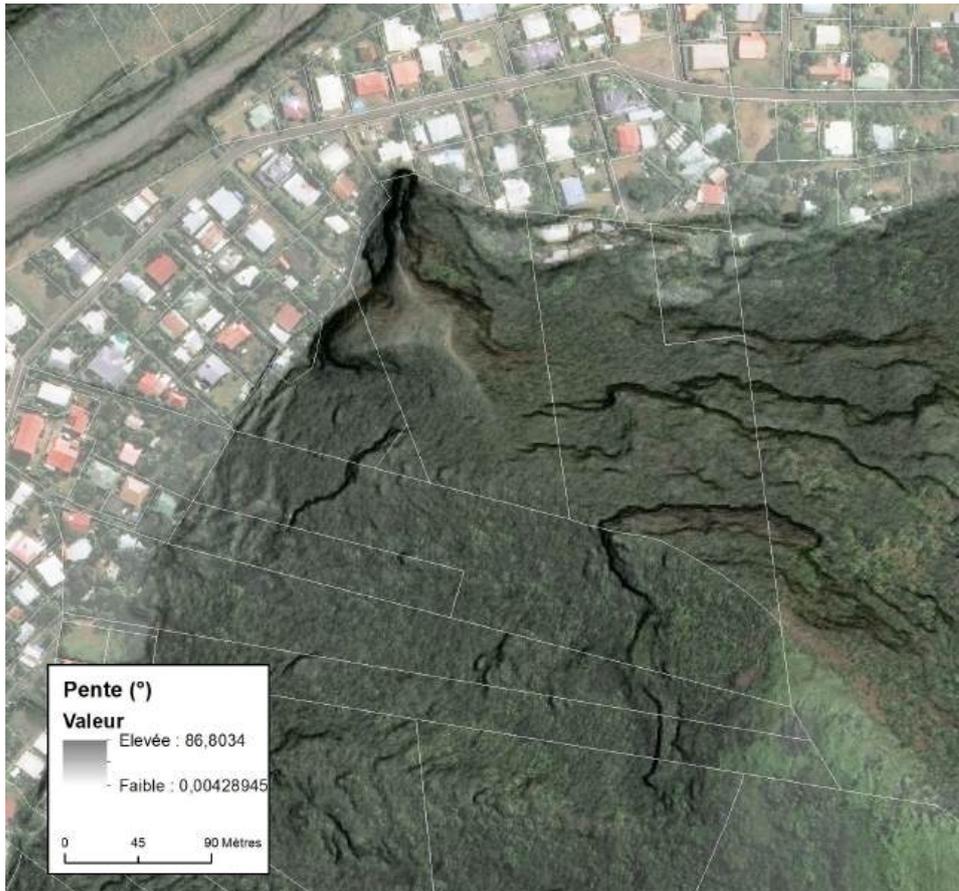


Photo aérienne de 2020 avec ombrage de la topographie



Date de la visite: 07/03/2023

Nom expert(s): C Garnier (BRGM/DAT)

Synthèse des observations

Description générale	L'examen du site a consisté en une inspection visuelle de l'escarpement (depuis le pied de celui-ci), dominant directement les habitations occupant les parcelles AW21 et AW23.
Contexte géomorphologique	La zone d'expertise correspond à l'extrémité nord d'un versant rocheux dont l'altitude atteint plusieurs centaines de mètres. Cette pointe septentrionale se présente sous la forme d'un escarpement subvertival dont certaines faces sont dégagées de toute végétation, se matérialisant par des barres rocheuses d'une hauteur de 30 m environ (à l'aplomb direct des habitations) à près de 50 m dans leurs prolongements cotés est et ouest. Cet escarpement est constitué d'une formation bréchique indurée, renfermant des éléments hétérométriques (dimensions centimétriques à pluri-décimétriques majoritairement).
Facteurs aggravants	Plusieurs facteurs favorisent, sous l'effet principalement des phénomènes de décompression (appel au vide) et ruissellements superficiels, le démantèlement du matériel bréchique constitutif de l'escarpement dominant la zone d'expertise: végétation (sur une partie des fronts), discontinuités et anfractuosités (voire cavités) de volume variable affectant le matériel rocheux, friabilité plus ou moins marquée de la matrice bréchique, etc. En outre, une écaille d'un volume de l'ordre de 1000 m ³ (en première approche) à l'extrémité de la pointe est délimitée par un plan de discontinuité principalement observable sur toute sa hauteur sur sa face ouest, et semblant se prolonger à l'intérieur du massif.
Phénomène de référence (indice d'intensité, indice d'activité)	Sur la base de l'historique connu (2014 ou 2015) et des observations faites sur le site (présence de probables cicatrices de départ plus ou moins anciens, et de blocs éboulés en pied de pente), le phénomène de référence retenu correspond à la survenue de chutes de blocs d'un volume de l'ordre de 1 m ³ à quelques m ³ (indice d'intensité fort), avec un indice d'activité moyen (de l'ordre d'un bloc de référence tous les 10 ans) à faible (de l'ordre d'un bloc de référence tous les 100 ans); la survenue d'instabilités de moindre volume avec une fréquence accrue est également à redouter.
Re-évaluation de l'aléa / besoins complémentaires	L'analyse effectuée conduit à proposer une réduction de l'aléa fort par rapport au zonage actuel (modifié en 2022). Ce dernier prend en effet en compte le risque de rupture à court terme de l'écaille massive identifiée. Ce scénario (éboulement en masse), sans pouvoir être exclu, présente une probabilité d'occurrence suffisamment limitée sur la période de référence, pour ne pas être retenu comme phénomène de référence dans le cadre du projet de PPR. La réalisation d'un diagnostic spécifique relatif à cet événement (risques associés et stratégie de sécurisation adaptée) est préconisée.



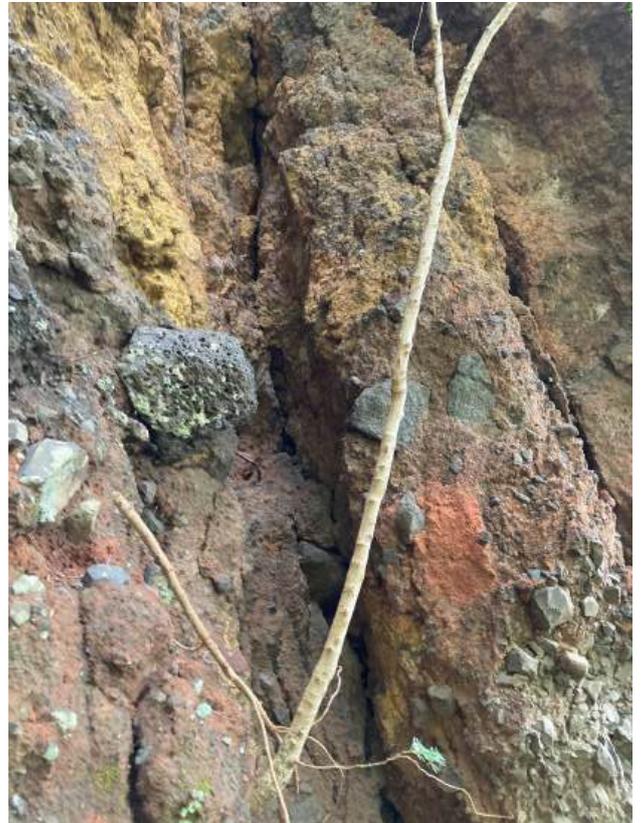
Vue générale de l'escarpement à l'aplomb de la construction de la parcelle AW23



Brèches indurées constitutives de l'escarpement, avec développement de sous-cavages



Falaise dominant les parcelles AW21 et AW23, avec identification du plan de discontinuité observable sur la face ouest délimitant une écaille massive



Vue de détail des brèches indurées sur la face est

Synthèse des observations et conclusion sur le niveau d'aléa

Avis sur possibilités de sécurisation (pour diminuer le niveau d'aléa ou pour sécuriser le projet)

Le scénario de référence retenu est représenté par la chute de compartiments générant des volumes unitaires de 1 à 2-3 m³, favorisée par le démantèlement progressif des brèches sous l'effet des agents extérieurs (ruissellements superficiels, température) et de la végétation. Ces derniers contribuent à l'ouverture de discontinuités et au développement de zones sous-cavées (par déchaussement progressif d'éléments rocheux), conduisant à la fragilisation de compartiments plus volumineux.

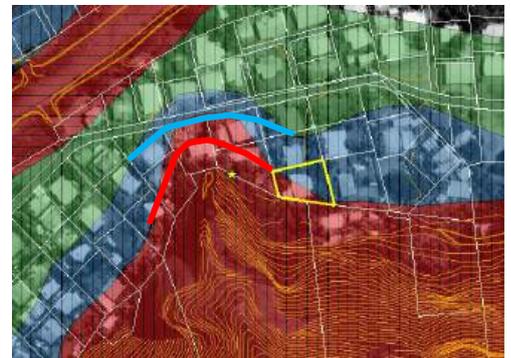
L'écaïlle massive identifiée sur l'extrémité nord de la falaise et délimitée par une discontinuité (a priori sur toute sa hauteur) visible principalement sur sa face ouest, présente des conditions de stabilité douteuses. Outre les éléments évoqués ci-dessus, on notera que son assise est réduite par rapport à ses dimensions globales (proche de 30 m de haut, pour une largeur de 10 m environ et une épaisseur moyenne de 5 m; dimensions données à titre indicatif et nécessitant d'être précisées) et que cette assise montre un sous-cavage assez prononcé. La rupture de cette écaïlle n'est toutefois ici pas retenue comme phénomène de référence, considérant notamment qu'aucun élément d'analyse n'indique une aggravation récente de ses conditions de stabilité (absence notamment d'observation ou de témoignage des riverains révélant une accentuation de l'ouverture de la discontinuité et/ou un effritement des terrains constitutifs de l'assise de l'écaïlle). En outre, la continuité de la discontinuité visible sur sa face ouest sur l'ensemble de sa face arrière n'est pas avérée. En conséquence, l'occurrence de la rupture massive de l'écaïlle ne peut être exclue à l'horizon des 100 prochaines années (voire même à une échéance significativement moindre), mais la probabilité d'un tel événement est jugée faible sur la seule base des informations collectées.

On proposera donc de ne pas retenir à ce stade ce scénario de la rupture massive de l'écaïlle dans le cadre du PPR. Il est toutefois recommandé, dans les meilleurs délais possibles, de procéder à une expertise spécifique des conditions de stabilité de cette écaïlle, visant à confirmer ou infirmer cette première analyse, et le cas échéant à préciser les risques en cas de rupture et si besoin à définir une stratégie de sécurisation appropriée (mesures de sauvegarde des enjeux présents, surveillance, etc.).

Proposition cartographique le cas échéant

Sur la base des éléments exposés ci-dessus, il est proposé de réduire l'emprise des aléas fort et moyen au droit des parcelles AW21, AW 22 et AW 23, de telle sorte que :

- l'aléa fort s'appuie sur la façade nord de la bâtisse occupant la parcelle AW23, empiète sur la moitié sud de la construction de la parcelle AW21, avant de rejoindre le zone actuel (modifié 2022) au droit de l'angle nord-ouest de la parcelle AW19;
- L'aléa moyen affecte une bande supplémentaire sur ces parcelles, en arrière de l'aléa fort, délimitée par le coté sud du Chemin de la Vallée Orofero.





*Liberté
Égalité
Fraternité*



Direction régionale Nouvelle-Aquitaine - site de Bordeaux
Parc technologique Europarc
24 avenue Léonard de Vinci
33600 Pessac - France
Tél. : 05 57 26 52 70

www.brgm.fr