

> hib-2 d7-hia

.89 3740,46 -625.5

Rapport intermédiaire

BRGM/RP- 70531 -FR Février 2021

de-hia hib





BRGM/RP- 70531 -FR Février 2021

Étude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM AP18CAY034

G. Aertgeerts, B. François, N. Brisset et L. Rivera Avec la collaboration de Y. Thiery, A. Bitri et A. Lauffenburger

Vérificateur :	Approbateur :
Nom : B. Colas	Nom : F. Tronel
Fonction : Ingénieur géotechnicien	Fonction : Directeur BRGM Guyane
Date : 12/03/2021 Signature :	Date : 25/03/2021 Signature :

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



Mots-clés : Guyane française, Mont Cabassou, Mont Grand Matoury, Mont Petit Matoury, Glissement de terrain, Modélisation, Hydrogéologie, Géotechnique, Isaltérite, Allotérite

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

Aertgeerts G., François B., Brisset N. et Rivera L., avec la collaboration de Thiery Y., Lauffenburger A. et Bitri A. (2021) – Mécanismes de déclenchement des glissements de terrain à contrôle hydrogéologique en contexte de socle fortement altéré (Guyane française). Rapport intermédiaire. BRGM/RP-70531 -FR, 97 p., 40 fig., 12 tab., 3 ann.

© BRGM, 2021, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

L a Guyane est une région qui présente une forte démographie. Depuis une dizaine d'années, sa population a augmenté de près de 30 % pour atteindre 283 540 habitants au 1^{er} janvier 2019 (https://www.insee.fr/). Dans le secteur de la presqu'île de Cayenne, la géomorphologie se caractérise par la présence de nombreux monts dont l'altitude maximum frôle les 240 m (NGG). La présence de ces monts exerce une forte contrainte sur l'aménagement du territoire, car ils constituent des zones de déclenchement de glissement de terrain. Aujourd'hui, si les secteurs à forte probabilité de glissement de terrain superficiel (< 500 m³) sont relativement bien connus sur ce territoire, les mécanismes de déclenchement des glissements de terrain plus conséquents (jusqu'à plusieurs centaines de milliers de mètres cubes) sont méconnus, car seulement 1 seul sur la trentaine que compte le territoire a été étudié. De ce fait, la cartographie de l'aléa mouvement de terrain concernant ce scénario de référence apparait compliquée, à la fois lorsqu'il s'agit d'identifier les zones de départs et les volumes potentiellement engagés, mais aussi, et surtout lorsqu'il s'agit d'identifier les distances de propagation ; le tout en accord avec la complexité géologique (puissance d'altération et lithologie très hétérogènes) que présente ce territoire.

Cette étude correspond aux deux premières phases d'une étude visant à mieux caractériser et à mieux comprendre les différents glissements de terrain connus à ce jour sur la presqu'île de Cayenne ainsi que les mécanismes de leur déclenchement. Une analyse morphométrique, basée sur les données LiDAR (50 cm de résolution) a permis de mieux classifier les glissements de grande ampleur. Ces derniers peuvent être classés en deux types. Le premier correspond à des glissements dont le volume est compris entre 5 000 et 100 000 m³ et qui présente un angle d'énergie compris entre 20 et 30 °. Le second concerne des glissements dont le volume est supérieur à 100 000 m³ et qui présentent un angle d'énergie compris entre 10 et 20°. Ces résultats, préliminaires, apparaissent majeurs pour une future cartographie de la distance de propagation de ces glissements de grande ampleur.

Parmi ces glissements, un glissement lent, un glissement de type 1 et deux glissements de type 2 ont été sélectionnés afin que l'environnement dans lequel ils se sont déclenchés soit étudié sur le terrain. Pour chacun de ces secteurs, les données bibliographiques (hydrogéologie, géologie, géotechnique) ont été compilées. Elles ont été complétées par des observations de terrain, ce qui a permis de proposer des schémas géologiques et hydrogéologiques à l'échelle 1/20 000. Par ailleurs des tomographies de résistivité électrique couplées à des tomographies sismiques (Vp et Vs) ont été réalisées à proximité immédiate des différents glissements étudiés. Après interprétation, ces tomographies ont permis de proposer des modèles 2D (et parfois 3D) du fonctionnement hydrogéologique des environnements dans lesquels se sont déclenchés les glissements étudiés. À l'aide des données géotechniques tirées de la bibliographie, ces modèles ont été transposés en modèles hydrogéotechniques qui seront utilisés pour modéliser les paramètres de déclenchement des différents mouvements étudiés (tâche 3 de ce projet). Pour le mont Cabassou, trois modèles sont proposés : deux sont situés de part et d'autre du glissement et un représente le contexte tel qu'il était avant le glissement. Pour le mont Petit Matoury, le glissement étant lent, un seul modèle est proposé. Enfin, pour le glissement situé au niveau de l'allée d'entre Deux Coteaux (mont Grand Matoury), deux modèles sont proposés. Le premier se situe à l'ouest immédiat du glissement tandis que le second correspond à une extrapolation du premier au niveau de la zone de glissement.

L'ensemble de ces modèles permettra de réaliser les tâches 3 et 4 prévus dans le cadre de ce projet (tâche 3 : modèles conceptuels de stabilité de pente et cartographie de la susceptibilité à la rupture des glissements de terrain ; tâche 4 : préanalyse de la propagation).

Sommaire

1. Introduc	tion1	1
2. Analyse	s morphométriques de glissements de terrain1	3
2.1. ANA	ALYSE MORPHOMÉTRIQUE1	3
2.2. DIS	CUSSION, CONCLUSION ET CHOIX DES GLISSEMENTS ÉTUDIÉS1	9
3. Synthès	e bibliographique aux alentours des glissements identifiés2	1
3.1. CON	NTEXTE GÉOLOGIQUE2	1
3.2. DON DON 3.2. 3.2. 3.2.	NNÉES GÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUES ISSUES DE LA BANQUE DE NNÉES DU SOUS-SOL (BSS)	3 3 3 3
3.3. DON 3.3. 3.3.2	NNÉES GÉOLOGIQUES ET GÉOTECHNIQUES COMPLÉMENTAIRES2 1.Mont petit Matoury et Secteur d'entre Deux Coteaux (mont Grand Matoury)2 2.Mont Cabassou	.4 :4 :9
4. Étude gé	éologique, hydrogéologique et géophysique4	3
4.1. CAF 4.1. 4.1. 4.2. OBS	RTOGRAPHIE GÉOLOGIQUE ET OBSERVATIONS HYDROGÉOLOGIQUES4 1.Mont Cabassou : MVTCAY168 et MVTCAY1714 2.Mont Petit Matoury et secteur d'entre-deux Coteaux (mont Grand Matoury) : MVTCAY150 et MVTCAY2004 SERVATIONS, MESURES HYDROGÉOLOGIQUES ET MODÈLE NCEPTUEL D'ÉCOULEMENT DES FAUX SOUTERBAINES AU SEIN DU	3 3 7
MOI	NT CABASSOU	2
4.3. TON 4.3. 4.3. 4.3.	MOGRAPHIES GÉOPHYSIQUES	5 5 8
5. Reconst	truction topographique et modèle géologique avant glissement6	5
5.1. MOI	NT CABASSOU6	5
5.2. MOI GRA	NT PETIT MATOURY ET SECTEUR D'ENTRE DEUX COTEAUX (MONT AND MATOURY)6	8
6. Modèles	s hydrogéotechniques proposés7	'1
6.1. MOI	NT CABASSOU7	1

8. Bibliographie	79
7. Conclusions et discussion	77
6.3.2. Modèle hydrogéotechnique avant glissement	75
6.3.1. Modèle hydrogéotechnique à l'ouest du glissement	75
6.3. MONT GRAND MATOURY	75
6.2. MONT PETIT MATOURY	74
6.1.2. Modèle hydrogéotechnique avant le glissement (MVT CAY171)	72
6.1.1. Modèles hydrogéotechniques de part et autre du glissement	71

Liste des figures

Figure 1 -	Mesures empiriques de glissements de terrain obtenues par consultation de la littérature. D'après Guzzetti et al. (2009)	4
Figure 2 -	Carte et coupe d'un glissement montrant la morphologie d'un glissement de grande ampleur sur la commune de Roura. Les glissements identifiés sur la presqu'île de Cayenne par Aertgeerts et Joseph (2017) sont comparables à celui-ci. Les différents paramètres morphologiques mesurés dans le cadre de cette étude sont présentés sur cette figure. 1	15
Figure 3 -	 (a) Graphique montrant l'angle d'énergie en fonction du volume estimé avec l'axe des abscisses en échelle logarithmique. (b) Graphique montrant cette même corrélation avec l'axe des abscisses en échelle classique. 	7
Figure 4 -	Coupe schématique du glissement identifié à l'est des réservoirs de Petit Matoury. La surface de rupture potentielle est ici dessinée à titre d'illustration. D'après Aertgeerts et al., (2018)	9
Figure 5 -	 (a) Carte localisant les secteurs où se situent les différents mouvements de terrain étudiés dans le cadre de cette étude. Fond cartographique IGNSCAN50©. (b) Emprise du mouvement MVTCAY150 situé au nord du mont Grand Matoury. (c) Emprise des mouvements MVTCAY168 et MVTCAY171 qui correspondent aux deux premiers évènements de la catastrophe de Cabassou. (d) Emprise de la zone concernée par un glissement lent au niveau du versant est du mont Petit Matoury. Le fond cartographique des figures b, c et d correspond aux données LiDAR traitées par ombrage (azimut 315° et angle 45°). 	20
Figure 6 -	Localisation des mouvements de terrains sélectionnés dans le cadre de cette étude. Fond géologique d'après Egal et al., (1994). La légende de la carte est présentée en Annexe 1. Les glissements sélectionnés sont identifiés par les rectangles rouges	21
Figure 7 -	Localisation des mouvements de terrains sélectionnés dans le cadre de cette étude. Fond géologique d'après Cautru et al. (1993). La légende de la carte est présentée en annexe 2. Les glissements sélectionnés sont identifiés par les rectangles blancs	22
Figure 8 -	Profils typiques d'altération et disposition des altérites en fonction des pentes pour la presqu'ile de Cayenne. D'après Cautru et al. (1993) 2	23
Figure 9 -	Coupe géologique et coupe technique de l'ouvrage BSS002NZLK situé aux alentours du mont Cabassou	24
Figure 10 -	Coupe géologique et coupe technique du forage R1 réalisé préalablement à la construction des réservoirs. D'après IDM Guyane (2011)	26
Figure 11 -	Coupe géologique du forage R2 réalisé préalablement à la construction des réservoirs. D'après IDM Guyane, (2011)	27

Figure 12 -	Coupe géologique du forage R3 réalisé préalablement à la construction des réservoirs. D'après IDM Guyane, (2011).	28
Figure 13 -	 Diagramme ternaire GMS (gravier, fines/boues (mud), sable) avec report des compositions granulométriques des différentes altérites en place prélevés dans les sondages carottés SC2, SC3, SC7 et SC18 réalisés en 2000 par la société GéodE. G = Gravier, S = Sable, M = Boue ; g = graveleux, s = sableux, m = boueux ; (g) légèrement graveleux, (s) légèrement sableux, (m) légèrement boueux ; (vg) très légèrement graveleux, (vs) très légèrement sableux, (vb) très légèrement boueux. Le lecteur notera que les acronymes sont écrits selon un ordre anglophone (e.g., (vg)(s)M signifie Boue légèrement sableuse et très légèrement graveleuse) 	31
Figure 14 -	Coupe géologique du forage SC2. En rouge sous surlignés les altérites remaniées de la zone d'accumulation. En vert sont surlignées les altérites supposées en place. Modifiée d'après le rapport GéodE 01-DOS-139	33
Figure 15 -	Coupe géologique du forage SC3. En rouge sont surlignés les altérites remaniées de la zone d'accumulation. En vert sont surlignées les altérites supposées en place. Modifiée d'après le rapport GéodE 01-DOS-139	34
Figure 16 -	Coupe géologique du forage SC18. En vert sont surlignées les altérites supposées en place. Modifiée d'après le rapport GéodE 01-DOS-139	35
Figure 17 ·	Coupe géologique du forage SC7. En vert sont surlignées les altérites supposées en place. Modifiée d'après le rapport GéodE 01-DOS-139.	36
Figure 18 ·	Localisation des deux piézomètres installés en 2004 pour le suivi du niveau piézométrique de la masse glissée. Le point vers de gauche représente PZ1 (alt. 30,26 m) et le point vert de droite représente PZ4 (alt. 23,88 m). Légende géologique sur la Figure 20.	40
Figure 19 -	 Variation de la côte NGG du niveau piézométrique mesuré dans PZ1 et PZ4 entre le 6 février 2004 et le 17 juillet 2019. D'après les données de suivi levées par le LBTPG (LBTPG, 2019). 	41
Figure 20 ·	 Schéma géologique à 1/20 000 du mont Cabassou et de ses alentours. Commune de Rémire-Montjoly, Guyane française. Fond cartographique - SCAN25 IGN© traité en niveau de gris. Les points bleus représentent les secteurs de résurgence identifiés sur le terrain. 	44
Figure 21 -	Photographie de différents affleurements identifiés dans le versant ouest du mont Cabassou. (a et c) affleurement de dolérites montrant un débit grossier en pelure d'oignon (TAL070 et TAL040). (b) affleurement de dolérite fracturée légèrement basculée sous l'effet probable des terrains amont (TAL088). (d) nombreux blocs d'isaltérites de gneiss emballée dans une allotérite argilo-sableuse (TAL017). (e) affleurement massif de gneiss (TAL039). (f) affleurement de gneiss altéré (TAL015)	46
Figure 22 -	Photographie d'un affleurement de gneiss remontant dans les allotérites argilo- sableuses (TAL027).	47
Figure 23 -	· (a et b) Photographies d'affleurement de cuirasse massive et fracturée. (c et d) photographies de cuirasse lie-de-vin surmontée de colluvions	49
Figure 24 -	(a) Photographie d'un talus montrant une partie du profil d'altération du Complexe de l'île de Cayenne dans le secteur de l'allée d'entre Deux Coteaux. (b) photographie rapprochée des passées sablo-graveleuses identifiées dans les isaltérites argileuses à marbrures ferrugineuses.	50
Figure 25 -	Schéma géologique à 1/20 000 de la partie nord du mont Grand Matoury et du mont Petit Matoury. Commune de Matoury, Guyane française. Fond cartographique - SCAN25 IGN© traité en niveau de gris. Le point bleu représente la source identifiée dans le cadre de cette étude. La ligne bleue représente la ligne de source odentifiée par Aertgeerts et al., (2020).	51
Figure 26 -	Modèle d'écoulement de l'eau souterraine dans le mont Cabassou	54

Figure 27 -	 Tomographies géophysiques et coupe géologique interprétative réalisées pour le mont Cabassou. (a) tomographie MASW (inversion des modèles de vitesse des ondes S). (b) tomographie de réfraction des ondes P. (c) tomographie de résistivité électrique (ERT). (d) coupe hydrogéologique interprétative. Pour les figures a, b et c, les lignes discontinues noires représentent les limites supposées entre les différents horizons géophysiques. Pour la figure (d) elles représentent les limites interprétées des différents horizons d'altération de la roche. (e) localisation des deux profils de tomographie géophysique (entre les points verts) réalisés sur le mont Cabassou. Fond morphologique - LiDAR 50 cm (DGTM) traité par ombrage (azimut 315°, angle 45°). Légende géologique - cf. Figure 20. Les points jaunes représentent les points d'observation de terrain. Les points verts représentent les piézomètres de suivi de masse glissée.
Figure 28 -	 Tomographies géophysiques et coupe interprétative géologique réalisées pour le mont Petit Matoury. (a) tomographie MASW (inversion des modèles de vitesse des ondes S). (b) tomographie de réfraction des ondes P. (c) tomographie de résistivité électrique (ERT). (d) coupe interprétative géologique. Pour les figures a, b et c, les lignes discontinues noires représentent les limites supposées entre les différents horizons géophysiques. Pour la figure (d) elles représentent les limites interprétées des différents horizons d'altération de la roche.
Figure 29 -	 Localisation du profil de tomographie géophysique (entre les points verts) réalisé sur le mont Grand Matoury (secteur de l'Allée d'entre Deux Coteaux). Fond morphologique - LiDAR 50 cm (DGTM) traité par ombrage (azimut 315°, angle 45°). Légende géologique - cf. Figure 20
Figure 30 -	 Tomographies géophysiques et coupe géologique interprétative réalisées pour le mont Grand Matoury - (a) tomographie MASW (inversion des modèles de vitesse des ondes S); (b) tomographie de réfraction des ondes P; (c) tomographie de résistivité électrique (ERT). (d) coupe géologique interprétative. Pour les figures a, b et c, les lignes discontinues noires représentent les limites supposées entre les différents horizons géophysiques. Pour la figure (d) elles représentent les limites interprétées des différents horizons d'altération de la roche.
Figure 31 -	 (a) Carte del'altitude (NGG) de la surface du toit du socle fissuré au droit du glissement de Cabassou. Cette carte a été obtenue par interpolation des isolignes de la surface du toit du socle obtenues par Géode (2002). (b) carte de l'altitude (NGG) de la surface piézométrique maximum au droit du glissement de Cabassou. Cette carte a été obtenue par interpolation des côtes piézométriques des différents levés effectués entre 2002 et 2019 (Géode (2002) LBTPG (2002).
Figure 32 -	Étapes de reconstruction et d'imagerie de la surface topographique avant le glissement de Cabassou. (a) géoréférencement de la carte topographique extraite de l'expertise judiciaire (Geode, 2002). (b) numérisation des isolignes topographiques. (c) conversion des isolignes topographiques numérisées en modèle numérique de terrain (MNT). (d) traitement par ombrage du MNT produit (azimut : 315° et angle 45°). Fond morphologique MNT LiDAR (DGTM) ombragé. Fond géologique d'après cette étude, légende en Figure 20
Figure 33 -	 (a) Reconstitution de la topographie du mont Cabassou avant les glissements du 19 avril 2000. (b) Topographie du mont Cabssou issue des données LiDAR levées en 2014 par la DGTM
Figure 34 -	Reconstitution morphologique avant le glissement de grande ampleur situé à l'extrémité de l'allée d'entre deux Coteaux. Reconstitution manuelle à partir des isolignes topographique issues des données LiDAR de 2014
Figure 35 -	Chroniques piézométriques de la station de mesure Lac des Américains entre le 1 ^{er} janvier 2014 et le 31 janvier 202071
Figure 36 -	Modèle hydrogéotechnique du mont Cabassou proposé pour l'analyse de la stabilité des pentes en contexte géomorphologique comparable au glissement de terrain du 19 avril 2000.

Figure 37 -	 (a) Localisation du profil topographique utilisé pour établir la coupe hydrogéotechnique de la figure (b). Fond morphologique : LiDAR 50 cm acquis par la DGTM et MNT reconstitué dans le cadre de cette étude (cf. § 5.1). Les données de ces 2 MNT ont été traités par ombrage (azimut 315° et angle 45°). (b) modèle hydrogéotechnique du mont Cabassou proposé pour la modélisation du déclenchement du premier glissement de terrain du 19 avril 2000.
Figure 38 -	Modèle hydrogéotechnique du mont Petit Matoury proposé pour l'analyse du glissement de lent affectant le versant est du mont Petit Matoury74
Figure 39 -	Modèle hydrogéotechnique du mont Grand Matoury (secteur d'entre Deux Coteaux) proposé pour la modélisation de la stabilité à l'ouest du glissement. La ligne discontinue bleu clair représente le niveau piézométrique possible de l'aquifère de socle fissuré. La ligne discontinue bleu foncé représente le niveau piézométrique possible pour l'aquifère superficiel
Figure 40 -	 (a) Localisation du profil topographique utilisé pour établir la coupe hydrogéotechnique de la figure (b). Fond morphologique : LiDAR 50 cm acquis par la DGTM et MNT reconstitué dans le cadre de cette étude (cf. § 5.2). Les données de ces 2 MNT ont été traités par ombrage (azimut 315° et angle 45°). (b) Modèle hydrogéotechnique pour la modélisation du déclenchement du glissement de l'allée d'entre Deux Coteaux proposé (âge inconnu). La ligne rouge représente la topographie actuelle du site. La ligne discontinue bleu clair représente le niveau piézométrique possible de l'aquifère du socle fissuré. La ligne discontinue bleu foncé représente le niveau piézométrique de l'aquifère %

Liste des tableaux

Tableau 1 -	Paramètres morphométriques de différents mouvements de terrain identifiés par l'analyse des données LiDAR de la presqu'île de Cayenne (volume estimé en fonction de la surface observée(±5 %)).	18
Tableau 2 -	Localisation des échantillons d'altérites analysés dans le cadre de l'étude menée par IDM Guyane en préalable à la construction des réservoirs de mont Petit Matoury. D'après IDM Guyane, (2011).	29
Tableau 3 -	Résultats des essais géotechniques réalisés dans le cadre de la mission géotechnique menée par IDM Guyane en préalable à la construction des réservoirs du mont Petit Matoury. D'après IDM Guyane, (2011).	, 29
Tableau 4 -	Tableau récapitulatif des différents essais géotechniques réalisés suite au glissement du mont Cabassou en avril 2000. En vert sont surlignés les échantillons issus d'altérites en place. En noir sont encadrés les échantillons ayant fait l'objet d'essais triaxiaux CU-U permettant d'obtenir les valeurs de φ ' et C'. Modifié d'après le rapport GéodE 01-DOS-139. Les autres analyses correspondent à des analyses sur échantillons remaniés. Les valeurs ne sont donc pas utilisable dans le cadre de ce projet.	32
Tableau 5 -	Données du suivi piézométrique pour SP1 et SC2. D'après le rapport d'expertise du bureau d'étude Géode (Geode, 2002).	37
Tableau 6 -	Données du suivi piézométrique pour SC3 et SP5. D'après le rapport d'expertise du bureau d'étude Géode (Geode, 2002).	38
Tableau 7 -	Données du suivi piézométrique pour SC6 et SP7. D'après le rapport d'expertise du bureau d'étude Géode (Geode, 2002).	38
Tableau 8 -	Données du suivi piézométrique pour SC8 et SC11. D'après le rapport d'expertise du bureau d'étude Géode (Geode, 2002).	38
Tableau 9 -	Données du suivi piézométrique pour SC12 et SP13. D'après le rapport d'expertise du bureau d'étude Géode (Geode, 2002).	39

Tableau 10 -	Données du suivi piézométrique pour SC15 et SP17. D'après le rapport d'expertise du bureau d'étude Géode (Geode, 2002).	39
Tableau 11 -	Suivi piézométrique réalisé par le LBTPG depuis 2004 sur la masse glissée du mouvement de terrain de Cabassou. D'après le rapport de suivi de Ginger LBTP G (LBTPG, 2019).	40
Tableau 12 -	Tableau récapitulatif des mesures physicochimiques des différents secteurs de résurgences identifiés dans le versant ouest du mont Cabassou. Pour les points TAL004 et TAL005, plusieurs sources très rapprochées ont été identifiées ; chacune d'entre elles a fait l'objet de mesures	52

Liste des annexes

Annexe 1 - Légende la carte géologique « thématique minière » Feuille de Cayenne (1197) 8	31
Annexe 2 - Légende la carte des formations superficielles, feuille de Cayenne nord-ouest (1197-	
NO) 8	35
Annexe 3 - Tableau de coordonnées des points d'observation de l'étude (RGFG95-UTM22N) 8	39

1. Introduction

La Guyane française est une région qui présente une forte démographie. Depuis une dizaine d'années, sa population a augmenté de près de 30 % pour atteindre 283 540 habitants au 1er janvier 2019 (https://www.insee.fr/). Une telle croissance se rencontre sur la quasi-totalité du territoire, mais deux secteurs se distinguent particulièrement : Saint-Laurent-du-Maroni à l'ouest et la presqu'île de Cavenne (Cavenne, Rémire-Montjoly et Matoury) dans le centre est. Dans ce dernier secteur, la géomorphologie se caractérise par la présence de nombreux « monts » dont l'altitude maximum avoisine les 240 m (NGG). La présence de ces monts exerce une forte contrainte sur l'aménagement du territoire, car ils constituent des zones de déclenchement de glissement de terrain. Aujourd'hui, si les secteurs à forte probabilité de alissement de terrain superficiel (< 500 m³) sont relativement bien connus sur ce territoire (Aertgeerts and Joseph, 2017), les mécanismes de déclenchement des glissements de terrain plus conséquents (jusqu'à plusieurs centaines de milliers de mètres cubes) sont méconnus. car 1 seul sur la trentaine que compte le territoire a été étudié. De ce fait, la cartographie de l'aléa mouvement de terrain concernant ce scénario de référence apparait compliquée, à la fois lorsqu'il s'agit d'identifier les zones de départs et les volumes engageables, mais aussi, et surtout lorsqu'il s'agit d'identifier les distances de propagation ; le tout en accord avec la complexité géologique (puissance d'altération et lithologie très hétérogènes) que présente ce territoire.

Dans ce cadre, la DGTM de Guyane et le BRGM se sont associés afin de mener une étude dont l'objectif est d'améliorer les connaissances concernant les glissements de terrain de moyenne à grande ampleur. Cette étude est axée selon quatre tâches qui sont les suivantes :

- tâche 1 : synthèse des données existantes ;
- tâche 2 : étude géologique, hydrogéologique et géotechnique ;
- tâche 3 : modèles conceptuels de stabilité de pente et cartographie de la susceptibilité à la rupture des glissements de terrain ;
- tâche 4 : pré-analyse de la propagation.

L'objectif des tâches 1 et 2 est de fournir les modèles morphologiques, hydrogéologiques, géologiques et géotechniques nécessaires à la réalisation des tâches 3 et 4. Le présent rapport concerne les travaux réalisés dans le cadre de ces 2 premières tâches. Après cette partie introductive, la deuxième partie du rapport présente une analyse morphométrique des glissements de moyenne à grande ampleur connus à ce jour. Cette partie aboutit à une classification de ces types de glissements et cible ceux qui feront l'objet d'une étude approfondie. La troisième partie du rapport expose les données bibliographiques sur les secteurs ciblés préalablement. La quatrième et la cinquième partie présentent les résultats de l'étude géologique, hydrogéologique qui ont permis la réalisation des différents modèles géologiques des différents secteurs étudiés. Cette partie inclut une reconstitution des différents environnements avant les glissements de terrain observés. Enfin, sur la base des données de l'ensemble de ces parties, des modèles hydrogéotechniques sont proposés. Ils seront utilisés afin de réaliser les tâches 3 et 4 prévues dans cette étude.

2. Analyses morphométriques de glissements de terrain

2.1. ANALYSE MORPHOMÉTRIQUE

En 2017, Aertgeerts et Joseph ont identifié sur la base d'une analyse de données LiDAR (50 cm de résolution) une trentaine de mouvements de terrain de faible à grande ampleur¹ qui correspondent soit à des glissements de terrain, soit à des éboulements en masse, voire en grande masse². Ces différents mouvements ont fait l'objet d'une analyse morphométrique qui a consisté à mesurer ou à calculer les paramètres suivants³ :

- la longueur totale du mouvement (L) : elle correspond à la distance horizontale entre l'escarpement principal et le pied du bourrelet d'accumulation (Figure 2) ;
- la superficie de la niche d'arrachement : elle correspond à la surface qui n'est pas recouverte par la masse glissée (Figure 2) ;
- la superficie de la zone d'accumulation : elle correspond à la superficie de la masse glissée (Figure 2) ;
- la superficie totale : elle correspond à la somme des deux paramètres précédents ;
- l'altitude en tête (ZT) : elle correspond à l'altitude de l'escarpement principal (Figure 2) ;
- l'altitude en pied (ZP) : elle correspond à l'altitude du pied du bourrelet d'accumulation (Figure 2) ;
- le Delta-h (Δ h) : il correspond à la différence entre l'altitude en tête et l'altitude en pied ;
- l'angle d'énergie β (°) : son calcul est repris de la méthode des cônes (méthode appliquée à la détermination de la propagation des chutes de bloc (Colas et al., 2017 et références citées)) et se fait selon l'équation suivante :

$$\beta = \tan^{-1} \frac{L}{\Delta h}$$

En plus de ces paramètres, pour chacun de ces glissements, une estimation du volume a été calculée. Le calcul a été réalisé en utilisant l'équation proposée par Guzzetti *et al.* (2009) qui relie le volume (V_L en m³) et la surface de rupture (A_L en m²) par l'équation exponentielle suivante :

$$VL = 0.074 * AL^{1.450}$$

- glissement superficiel : V< 500 m³
- glissement de moyenne ampleur : 500 < V < 5 000 m³
- glissement de grand ampleur : V > 5 000 m³

¹ Dans le cadre de cette étude, la classification de l'ampleur des mouvements de terrain correspond à celle proposée par Aertgeerts (2020) :

² Pour une meilleure représentativité statistique, il a été décidé d'inclure les éboulements en masse à l'analyse morphométrique. De plus, d'un point de vue morphologique, mais aussi, probablement, d'un point de vue mécanisme de déclenchement, ils apparaissent comparables.

³ Les superficies calculées ici sont des superficies horizontales.



Figure 1 - Mesures empiriques de glissements de terrain obtenues par consultation de la littérature. D'après Guzzetti et al. (2009).

Dans le cadre de cette étude, la surface de rupture, difficilement estimable du fait qu'elle est masquée par la masse glissée, a été considéré en première approche comme comparable à la superficie de la zone d'accumulation (Figure 2).

L'ensemble de ces paramètres est présenté dans le Tableau 1.



Figure 2 - Carte et coupe d'un glissement montrant la morphologie d'un glissement de grande ampleur sur la commune de Roura. Les glissements identifiés sur la presqu'île de Cayenne par Aertgeerts et Joseph (2017) sont comparables à celui-ci. Les différents paramètres morphologiques mesurés dans le cadre de cette étude sont présentés sur cette figure.

En termes de longueur totale les occurrences se répartissent de la manière suivante :

-]0; 100 m[: 29 % (9/31);
- [100; 200 m[: 19,3 % (6/31);
- [200; 300 m[: 19,3 % (6/31);
- [300; 400 m[: 9,7 % (3/31);
- [400 ; 500 m[: 6,5% (2/31) ;
- [500; 600 m[: 9, 7 % (3/31);
- [600;700 m[:0%;
- [700 ; 800 m[: 6,5 % (2/31).

Concernant la superficie totale, la répartition est la suivante :

- [0; 1 ha[: 35,5 % (11/31);
- [1; 2 ha[: 22,6 % (7/31);
- [2; 4 ha[: 12,9 % (4/31);
- [4; 8 ha[: 12,9 % (4/31);
- [8; 16 ha[: 9,7 % (3/31);
- [16; 32 ha[: 6,4 % (2/31).

L'altitude de départ est rarement inférieure à 50 m (2/31). Elle est comprise entre 50 et 100 m pour 7 mouvements, entre 100 et 150 pour 12 mouvements et supérieure à 150 m pour 10 mouvements.

L'angle d'énergie (Béta sur la Figure 2) n'est jamais inférieur à 10 degrés et principalement compris entre 10 et 30 degrés (14 mouvements compris entre 10 et 20 degrés et 13 mouvements compris entre 20 et 30 degrés). Seuls 4 mouvements présentent un angle d'énergie supérieur à 30 degrés.

La répartition des volumes est elle aussi homogène. Un seul mouvement présente un volume inférieur à 500 m3, qui le classe dans la catégorie des mouvements de faible ampleur décrits par Aertgeerts (2020). Cette classe est sous-représentée par rapport aux autres, car plus difficilement observables à l'aide des données LiDAR, mais les nombreux travaux de ces dernières années (e.g., Aertgeerts, 2019; Aertgeerts *et al.*, 2018 ; Aertgeerts et Joseph, 2017; Bourbon et Nachbaur, 2016; Nguyen et Joseph, 2000; Théveniaut et Mirlocca, 2003) montrent que cette classe est statistiquement la plus fréquente. Concernant les mouvements de moyenne ampleur (500<V<5 000 m³), 8 occurrences ont été identifiées. Enfin, concernant les mouvements de grande ampleur, il apparait que 10 occurrences présentent un volume compris entre 5 000 et 100 000 m³, que 11 occurrences présentent un volume compris entre 100 000 et 1 000 000 de m³ et que 1 occurrence présente un volume supérieur à 1 000 000 de m³.

La Figure 3 présente l'angle d'énergie en fonction du volume estimé. Sur la Figure 3 (a) l'axe des abscisses est en échelle logarithmique (base 10) tandis que sur la Figure 3 (b) il est en échelle classique. La Figure 3 (a) montre en première approche que l'angle d'énergie diminue avec le volume du glissement. Ces résultats sont cohérents avec plusieurs études déjà publiées sur le sujet (e.g., Corominas, 1996 ; Scheidegger, 1973). Cette corrélation peut être modélisée par une droite de régression logarithmique dont le R² est de 0,62. Ces résultats montrent le caractère très dispersif de la donnée (i.e. paramètres morphométriques mesurés) par rapport au modèle (courbe de régression logarithmique). Une telle dispersion est liée aux nombreux facteurs (outre le volume) qui contrôlent la distance de propagation (i.e., morphologie des versants, nature des matériaux engagés, conditions hydriques, etc.).

Il apparait que les mouvements dont le volume est :

- compris entre 500 et 5 000 m³ présentent un angle d'énergie minimum (β_{min-1}) de 20 degrés ;
- compris entre 5 000 et 100 000 m3 présentent un angle d'énergie minimum (β_{min-2}) de 15 degrés ;
- supérieur à 100 000 m3 présentent un angle d'énergie minimum (β_{min-3}) de 10 degrés.

La Figure 3 (b) montre quant à elle que l'angle d'énergie minimum (β_{min}) pour l'ensemble des mouvements identifiés est de 10 degrés. Elle montre par ailleurs que l'équation de corrélation est asymptotique sur un angle d'énergie légèrement supérieur à 10 degrés. Cela signifie que

desglissements de volume supérieur présenteront possiblement un angle d'énergie légèrement supérieur à 10 degrés.



Figure 3 - (a) Graphique montrant l'angle d'énergie en fonction du volume estimé avec l'axe des abscisses en échelle logarithmique. (b) Graphique montrant cette même corrélation avec l'axe des abscisses en échelle classique.

Tuno	Indico MAIT LIDAD	Longueur total	Superficie niche	Superficie zone	Altitude tête (ZT ; m	Altitude Bourrelet	Dolto h (Ah)	L'angle	Superficie	Superficie	λ
iyhe	marce wint-LIDAR	(m) (L)	arrachement (ha)	d'accumulation (ha)	NGG)	(ZP ; m NGG)	Denta-II (ΔII)	d'énergie (β)	totale (ha)	totale (m2)	volume (ms)
	MVTCAY150	315	1,2	4,2	110	19	91	16	5,4	54000	374062
	MVTCAY151	580	0,9	11,0	154	14	140	14	11,9	110000	1510954
	MVTCAY155	322	0,8	3,2	132	34	98	17	4,0	32000	252173
	MVTCAY160	64	0,04	0,2	217	179	38	31	0,2	1600	3275
	MVTCAY161	70	0,06	0,2	217	180	37	28	0,2	1600	3275
	MVTCAY159	97	0,03	0,2	119	70	49	27	0,2	2000	4526
	MVTCAY156	285	0,75	2,4	97	23	74	15	3,2	24000	166164
	MVTCAY157	74	0,1	0,2	57	29	28	21	0,3	1600	3275
	MVTCAY158	29	0,03	0,0	38	27	11	21	0,1	400	439
Glissement de terrain	MVTCAY152	243	1,4	1,5	206	93	113	25	2,9	15000	84055
	MVTCAY153	287	1,3	1,7	198	124	74	14	3,0	17000	100782
	MVTCAY149	548	1,9	10,0	148	8	140	14	11,9	100000	1315927
	MVTCAY166	165	0,08	1,2	66	9	57	19	1,3	12100	61556
	MVTCAY167	58	0,02	0,1	54	28	26	24	0,1	1200	2158
	MVTCAY171	407	0,6	4,1	78	6	72	10	4,7	41000	361217
	MVTCAY168	189	0,5	1,0	130	48	82	23	1,5	10000	46691
	MVTCAY167	57	0,02	0,1	54	27	27	25	0,1	1200	2158
	MVTCAY148	163	0,1	0,9	56	11	45	15	1,0	9000	40076
	MVTCAY124	48	0,06	0,1	42	12	30	32	0,2	1000	1657
	MVTCAY134	715	7,3	18,3	165	9	156	12	25,6	183000	3160718
	MVTCAY135	120	0,1	0,5	159	89	70	30	0,6	5000	17090
	MVTCAY136	545	9,6	9,6	116	3	113	12	19,2	96000	1240295
	MVTCAY138	87	0,03	0,1	132	83	49	29	0,1	900	1422
	MVTCAY139	733	3,1	5,8	167	2	165	13	8,9	58000	597313
Eboulement en masse,	MVTCAY140	263	0,7	1,2	147	30	117	24	1,9	11900	60086
voire en grande masse	MVTCAY141	254	0,6	0,9	145	27	118	25	1,5	9000	40076
	MVTCAY142	161	0,4	0,7	100	42	58	20	1,1	7000	27837
	MVTCAY143	360	1,2	2,7	146	36	110	17	3,9	27000	197110
	MVTCAY144	446	1,6	2,5	151	11	140	17	4,1	25000	176297
	MVTCAY145	230	0,3	0,7	154	55	99	23	1,0	7000	27837
	MVTCAY146	176	0,05	0,7	128	39	89	27	0,8	7000	27837

 Tableau 1 - Paramètres morphométriques de différents mouvements de terrain identifiés par l'analyse des données LiDAR de la presqu'île de Cayenne (volume estimé en fonction de la surface observée(±5 %)).

2.2. DISCUSSION, CONCLUSION ET CHOIX DES GLISSEMENTS ÉTUDIÉS

L'analyse morphométrique présentée précédemment permet de préciser la classification des scénarios de référence proposée par Aertgeerts (2020). En effet, les mouvements de grande ampleur (i.e., supérieurs à 5 000 m3) peuvent être scindés en 2 sous-catégories :

- la première concerne des mouvements dont le volume est compris entre 5 000 et 100 000 m³ (type 1). Ces mouvements présentent un angle d'énergie compris entre 15 et 30 degrés ;
- la deuxième concerne des mouvements dont le volume est supérieur à 100 000 m³ (type 2).
 Ces mouvements présentent un angle d'énergie compris entre 10 et 20 degrés.

Parmi les différents mouvements de terrain identifiés au LiDAR, il apparait donc pertinent d'étudier des occurrences qui appartiennent à ces deux sous-catégories.

Pour les glissements de type 1, compte tenu des nombreuses données existantes, le mouvement MVTCAY168 (V \approx 47 000 m³) a été retenu. Il s'agit du deuxième glissement associé à la catastrophe de Cabassou.

Pour les glissements de type 2, deux occurrences ont été retenues. La première (MVTCAY171 ; $V \approx 360\ 000\ m^3$) correspond au premier évènement de la catastrophe de Cabassou. La deuxième (MVTCAY150 ; $V \approx 375\ 000\ m^3$) correspond à un mouvement situé au nord du mont Grand Matoury, à la limite avec le mont Fortuné. Cette occurrence a été retenue (i), car elle semble représentative des nombreux glissements observés dans le secteur (ii), car elle se situe à proximité d'un secteur soumis à de fortes contraintes d'aménagement et (iii), car elle est facile d'accès.

Récemment, dans le cadre de sa convention-cadre avec la CACL, le BRGM (Aertgeerts *et al.*, 2018) a identifié un glissement lent affectant le versant est du mont Petit Matoury. Selon cette étude, ce glissement pourrait affecter la partie haute du versant (Figure 4). Il se caractérise par un escarpement sommital et par des escarpements secondaires légèrement visibles sur les données LiDAR. Un premier calcul de la surface de rupture potentielle montre qu'elle pourrait atteindre 0,25 Ha. Selon l'équation de Guzzetti *et al.*, (2009), une telle surface impliquerait un volume d'environ 6 250 m³. Un tel volume classe ce glissement de terrain à la limite entre les mouvements de grande ampleur de type 1 et la classe des glissements de terrain de moyenne ampleur proposée par Aertgeerts (2020). De ce fait et pour des raisons d'accès ainsi que de mécanisme de déclenchement, ce glissement a aussi été sélectionné dans le cadre de ce projet.



Les différents glissements sélectionnés sont présentés sur la Figure 5.

Figure 4 - Coupe schématique du glissement identifié à l'est des réservoirs de Petit Matoury. La surface de rupture potentielle est ici dessinée à titre d'illustration. D'après Aertgeerts et al., (2018).



Figure 5 - (a) carte localisant les secteurs où se situent les différents mouvements de terrain étudiés dans le cadre de cette étude. Fond cartographique IGNSCAN50©. (b) Emprise du mouvement MVTCAY150 situé au nord du mont Grand Matoury. (c) Emprise des mouvements MVTCAY168 et MVTCAY171 qui correspondent aux deux premiers évènements de la catastrophe de Cabassou. (d) Emprise de la zone concernée par un glissement lent au niveau du versant est du mont Petit Matoury. Le fond cartographique des figures b, c et d correspond aux données LiDAR traitées par ombrage (azimut 315° et angle 45°).

3. Synthèse bibliographique aux alentours des glissements identifiés

3.1. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Les mouvements de terrain sélectionnés dans le cadre de la partie précédente sont situés sur le territoire de la presqu'île de Cayenne. Ce dernier est couvert par plusieurs cartes géologiques à échelle 1/50 000 (Cautru *et al.*, 1993) et 1/100 000 (Choubert, 1956 ; Egal *et al.*, 1994). Les mouvements de terrain sélectionnés concernent le complexe de l'île de Cayenne. Ce complexe est principalement constitué de gneiss plus ou moins migmatitiques. Dans une moindre mesure, des amphibolites et des leptynites y sont aussi décrites (Egal *et al.*, 1994).

La carte géologique à 1/50 000 des formations superficielles proposée par Cautru *et al.* (1993) permet de préciser que les glissements de terrain sont situés dans des secteurs où affleurent des altérites sablées argileuses bien drainées (SAO). Les tests de perméabilité réalisés (méthode Porchet) sur ces altérites fournissent une valeur moyenne de 60 mm.h⁻¹ (1,66.10⁻⁵ m.s⁻¹).



Figure 6 - Localisation des mouvements de terrains sélectionnés dans le cadre de cette étude. Fond géologique d'après Egal et al., (1994). La légende de la carte est présentée en Annexe 1. Les glissements sélectionnés sont identifiés par les rectangles rouges.



Figure 7 - Localisation des mouvements de terrains sélectionnés dans le cadre de cette étude. Fond géologique d'après Cautru et al. (1993). La légende de la carte est présentée en annexe 2. Les glissements sélectionnés sont identifiés par les rectangles blancs.

Dans le secteur de la presqu'ile de Cayenne, deux types de profils d'altération peuvent être identifier selon Cautru *et al.* (1993) : des profils à cuirasse et des profils à « stone-line » (Figure 8). Les profils à cuirasse s'identifient principalement dans les secteurs topographiquement plats de basse ou de haute altitude. Les profils à stone-line sont quant à eux caractéristiques des zones de faible pentes (15-25°). Lorsque les pentes sont supérieures à 25°, les profils d'altération ne sont pas complets et les différents horizons d'altération sont exposés à l'affleurement



Figure 8 - Profils typiques d'altération et disposition des altérites en fonction des pentes pour la presqu'ile de Cayenne. D'après Cautru et al. (1993).

3.2. DONNÉES GÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUES ISSUES DE LA BANQUE DE DONNÉES DU SOUS-SOL (BSS)

3.2.1. Secteur d'entre deux Coteaux (mont Grand Matoury) : MVTCAY150

À proximité de ce glissement, la BSS ne mentionne aucun ouvrage.

3.2.2. Secteur du mont Petit Matoury : MVTCAY200

La BSS mentionne 6 ouvrages au niveau du mont Petit Matoury (BSS002NYZR, BSS002NZAY, BSS002NYZS, BSS002NYZU, BSS002NYZT et BSS002NZAZ). Parmi ces derniers, les ouvrages BSS002NZAZ et NZAY correspondent à d'anciennes carrières à ciel ouvert. Les autres ouvrages correspondent à des petits sondages qui n'excèdent pas les 2 mètres de profondeur.

3.2.3. Secteurs du mont Cabassou : MVTCAY168 et 171

Il existe une dizaine d'ouvrages référencés en BSS autour du mont Cabassou. La plupart correspondent à d'anciennes carrières de latérite. Seul l'ouvrage BSS002NZLK est un forage. Il atteint une profondeur de 12 m (Figure 9). Il présente des argiles marronnes à ocre à débris de cuirasse sur 2,9 m. Ces argiles correspondent probablement à des colluvions. Entre 2,9 et 9 m, la coupe décrit des latérites plus ou moins sableuses rouge humides (2,9 à 4,00 m) puis « pleine » d'eau jusqu'à 9,00 m. Sous ces allotérites, la coupe décrit une saprolite compacte (isaltérites ?) puis, à partir de 11,50 m de profondeur le socle sain. Par ailleurs, la coupe technique indique un niveau piézométrique autour de 1,8 m.



Figure 9 - Coupe géologique et coupe technique de l'ouvrage BSS002NZLK situé aux alentours du mont Cabassou.

3.3. DONNÉES GÉOLOGIQUES ET GÉOTECHNIQUES COMPLÉMENTAIRES

3.3.1. Mont Petit Matoury et Secteur d'entre Deux Coteaux (mont Grand Matoury)

Concernant les alentours du glissement de terrain MVTCAY150, il n'existe pas, à notre connaissance, de données géotechniques. En revanche, l'étude réalisée en préalable à la construction des réservoirs d'eau potable du mont Petit Matoury (mission de type G0-G12 selon la norme NF P 94-500) fournit de nombreuses informations concernant les caractéristiques géotechniques des différents horizons d'altération dans ce secteur du Complexe de l'île de Cayenne.

Parmi ces travaux, 3 sondages carottés (R1, R2 et R3) ont été réalisés. Les coupes géologiques de ces forages ont été récupérées auprès de la CACL (Communauté d'Agglomérations Centre Littoral).

La coupe géologique du forage R1 est présentée sur la Figure 10. Cette coupe montre plusieurs horizons d'altération dont l'épaisseur est variable. Après environ 30 cm de terre végétale et de racine, la coupe décrit des latérites argileuses parfois graveleuses rouges à brunes (allotérites ?). Vers 5 m, un niveau d'argile rosâtre est décrit. Sa puissance est d'environ 1 m. Autour de 7,20, ce premier horizon d'altération passe à des argiles rosâtres plus ou moins riches en micas (muscovite et séricite selon la coupe) et en kaolin. Il est à noter que cet ouvrage a été équipé pour des mesures piézométriques. Aucun niveau d'eau n'a cependant pu être relevé (entre le 27 octobre 2011 et le 26 janvier 2012).

La coupe géologique du forage R2 est présentée sur la Figure 11. En termes de dimensions, l'ouvrage est comparable au précédent puisqu'il atteint 10 m de profondeur. Les horizons d'altération sont aussi comparables en termes de lithologie, mais ils présentent des puissances différentes. Ce forage s'achève par des altérites argileuses présentant des niveaux ferrugineux indurés et soulignant une schistosité S1 dont le pendage est de 30°. La coupe ne précise pas l'orientation de ce pendage, mais compte tenu des orientations fournies par Egal *et al.*, (1994), il est probable que ce pendage de cette schistosité soit ici vers l'est.

Le forage R3 est 2 fois plus profond que les forages R1 et R2 puisqu'il atteint 20 m. Jusqu'à environ 10,1 m, ce forage présente des altérites plus ou moins argileuses ou graveleuses (allotérites probables). Ce premier niveau se singularise entre 3,5 et 7 m par un horizon beige à rose très riche en muscovite. À partir de 10,1 m, la coupe décrit des schistes saprolitiques argileux rouges à marrons (isaltérite probable).

Six échantillons issues de ces carottes avaient fait l'objet d'analyses géotechniques lors de la mission géotechnique réalisée par IDM Guyane. Parmi ces échantillons, quatre sont issus du forage R3, un du forage R1 et un du forage R2. La localisation précise de ces échantillons au sein des carottes ainsi que les types d'essais réalisés sont précisés dans le Tableau 2. Les résultats sont, quant à eux, fournis dans le Tableau 3.



Figure 10 - Coupe géologique et coupe technique du forage R1 réalisé préalablement à la construction des réservoirs. D'après IDM Guyane (2011).

	Ouvrage	RÉ	SERVOIRS D'EAU	Date de foration	11/10/2011
Maître d'ouvrage		CCCL		responsable ouvrage	
Maître d'œuvre			BRL	responsable œuvre	
Opérateur chantier		TAL	WAKEN FORAGES	responsable chantier	THERMINOT
	Sondage		R_2	localisation	MT PETIT MATOURY
C00	rdonnées UTM 22N CSG67			Forage PWL	(PQ)
x :	350 308		Machine	EMCI 700	
у:	541 148		profondeu	10 m	
z :	80.64				
cote	lithologie	log	perméabilité	Installation	Observation
0	0				_
1	Sol végétal racines				
2	2				
3	Argile latéritique graveleuse rouge à brun 3 -				
4	4				
6	₅ - Argile rosâtre ₅ -				
7	7 -				
8	8 -				
9	Saprolite argileuse marron à kaolin et concentré ferrugineux suivant uneS1 à 30°				
11	10 - s - -				
12					
13	- 13				
14	- 14				
15	15				

Figure 11 - Coupe géologique du forage R2 réalisé préalablement à la construction des réservoirs. D'après IDM Guyane, (2011).

	Ouvrage	RÉS	ERVOIRS D'EAU	Date de foration	21/10/2011
	Maître d'ouvrage		BRI	responsable ouvrage	
	Opérateur chantier	TALW	AKEN FORAGES	responsable chantier	THERMINOT
	Sondage		R_3	localisation	MT PETIT MATOURY
COO	rdonnées UTM 22N CSG67			Forage F	PWL (PQ)
X :	350 298		Machine	EMCI 700	
y :	541 133		protondeu	r 20 m	
cote	lithologie	log	perméabilité	Échantillons	Observation
0	0-	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,			
	Sol vegetal racines				
	-				
1	1-				
2	2 -				
	Argile latéritique graveleuse			(R3_E1)	
3	iouge a bruii 3-				
	-				
- 4	4				
	-				
5					
	Argile beige à rosée très				
	riches en muscovite				
6				(R3_E2)	
	0 -				
	-				
7	7 -				
	Oravas latéritiques argileuros				
	Graves lateritiques argileuses				
8	8 -				
	Argile tachetée rouge à				
9	marron plus ou moins				
	lenugineuses				
10	10 -				
11	11 -				
	Schiste saprolitique argileux				S1 20° (direction N-S, pendage Est d'après
12	rouge à marron 12 -				carte géologique
12					S1 40º (direction N.C.
13	13 -				pendage Est d'après
	Schiste saprolitique argileux				carte géologique
44	rouge à marron			(R3_E3)	
14	14 -				S1 30° (direction N-S,
					carte déologique
15					9001091400
13	15				S1 30° (direction N-S.
					pendage Est d'après
16	48 -				carte géologique
	10				
17	Schiste saprolitique argileux				
	rouge à marron			(R3 F4)	
	-			(//////////////////////////////////////	S1 30 à 40° (direction N-
18	18				S, pendage Est d'après
					carte geologique
19	19 -				
20					1

Figure 12 - Coupe géologique du forage R3 réalisé préalablement à la construction des réservoirs. D'après IDM Guyane, (2011).

Echantillon N°	Sondage N°	Profondeur m	Altitude NGG	Type d'essais	Nature						
E1 E2 E3 E4 E5 E6	R3 R3 R3 R3 R1 R2	2.5/3.0 5.5/6.0 13.3/13.8 17.5/18.0 2.0/2.5 7.0/7.5	77.5/77.0 74.5/74.0 66.7/66.2 62.5/62.0 72.2/75.7 73.6/73.1	Oe+BC Oe+BC Oe+BC Oe+BC Oe+BC Oe Oe Oe	Argile latéritique graveleuse brune Argile rosâtre + micas Saprolite schisteuse rouge marron Saprolite schisteuse rouge marron Argile latéritique graveleuse brune Argile rosâtre						
Oe : compres	<i>Oe</i> : compression oedomètrique <i>BC</i> : essais de cisaillement à la boite										

Tableau 2 - Localisation des échantillons d'altérites analysés dans le cadre de l'étude menée par IDM Guyane en préalable à la construction des réservoirs de mont Petit Matoury. D'après IDM Guyane, (2011).

$\frac{Echantillon}{N^{\circ}}$	γ KN/m ³	c _p ' KPa	$arphi_p$ '	c _f ' KPa	<i>φ</i> _f ' °
E1	18.7	14.1	28.1	14.1	28.1
E2	16.8	5.5	20.6	4.1	19.6
E3	18.8	17.0	28.1	7.0	26.7
E4	19.6	27.2	20.8	19.9	19.2
E5	18.5	23.0	29.2	5.0	29.2
E6	17.4	22.6	26.4	10.8	26.5

Tableau 3 -: Résultats des essais géotechniques réalisés dans le cadre de la mission géotechnique menée par IDM Guyane en préalable à la construction des réservoirs du mont Petit Matoury. D'après IDM Guyane, (2011).

D'un point de vue géologique, les secteurs où se trouvent les glissements MVTCAY150 et MVTCAY200 peuvent être considérés comme comparables. En effet, les observations réalisées dans le cadre de cette étude (cf. ci-après) s'accordent entre elles et s'accordent aussi avec celles réalisées par (Aertgeerts and Brisset, 2017) dans un secteur situé entre les deux glissements de terrain étudiés ici. Aussi, les données géotechniques issues des travaux d'IDM Guyane semblent utilisables pour caractériser les différents horizons d'altération aux alentours du glissement de terrain MVTCAY150.

3.3.2. Mont Cabassou

a) Données géologiques et géotechniques

Suite à la catastrophe de Cabassou, une étude géotechnique, comprenant une mission G0 et une mission G52, a été réalisée par la société GéodE du groupe Solen. Au total, ce sont 18 sondages qui ont été réalisés parmi lesquels on compte :

- 18 sondages destructifs ;
- 12 sondages carottés ;
- 7 sondages pressiométriques.

De plus, 12 de ces sondages ont été laissés ouverts à des fins de mesures piézométriques.

Neuf type d'analyses géotechniques ont été réalisées sur des échantillons (54 au total) provenant de ces différents sondages carottés. Elles sont les suivantes :

- densité sèche (t/m³) ;
- densité humide (t/m³) ;
- rhos (t/m3)
- granulométrie (80µ);
- limite de liquidité (WI; %);
- indice de plasticité (Ip;%);
- valeur au bleu (WBS;
- essai triaxial UU;
 - ∘ Phi(UU) (°),
 - o CUU (kPa);
- essai triaxial CU+U;
 - Phi' (°),
 - o C'(KPa).

Parmi les différents échantillons prélevés et testés, 10 concernent des altérites en place (Tableau 4). Les autres (45 échantillons) concernent des altérites remaniées issues de la zone d'accumulation. Parmi les échantillons non remaniés, seulement 6 ont fait l'objet d'essais triaxiaux afin d'obtenir les valeurs de cohésion (C') et d'angle de frottement (ϕ ') (Tableau 4). Les sondages concernés par ces échantillons sont le SC2, le SC3, le SC7 et le SC18. Les coupes géologiques de ces sondages sont respectivement fournies sur la Figure 14, sur la Figure 15, sur la Figure 16 et sur la Figure 17. Il est à noter que seul le sondage SC18 ne recoupe pas les altérites remaniées de la zone d'accumulation. Le lecteur notera que la description des échantillons est géotechnique et non lithologique. Aussi, le rapprochement avec les faciès d'altération (i.e., allotérites et isaltérites) reste très délicat.

À partir des données granulométriques, les différents échantillons ont été renommés selon la classification de Blott et Pye (2012) qui, bien que développée pour les sédiments, apparait relativement bien adaptée à la classification des altérites. Cette classification se base sur 3 pôles :

- fines/boues (argile + limon);
- sable ;
- gravier.

Portées dans le diagramme ternaire de cette classification, les analyses granulométriques montrent une certaine hétérogénéité (Figure 13). Quatre des échantillons sont des boues avec des proportions variables de sable. Les deux autres sont des sables avec des proportions variables d'argiles et de limons.

Blott & Pye (2012) Classification



Figure 13 - Diagramme ternaire GMS (gravier, fines/boues (mud), sable) avec report des compositions granulométriques des différentes altérites en place prélevés dans les sondages carottés SC2, SC3, SC7 et SC18 réalisés en 2000 par la société GéodE. G = Gravier, S = Sable, M = Boue; g = graveleux, s = sableux, m = boueux; (g) légèrement graveleux, (s) légèrement sableux, (m) légèrement boueux; (vg) très légèrement graveleux, (vs) très légèrement sableux, (vb) très légèrement boueux. Le lecteur notera que les acronymes sont écrits selon un ordre anglophone (e.g., (vg)(s)M signifie Boue légèrement sableuse et très légèrement graveleuse).

RESULTATS DES ESSAIS ET ANALYSES EN LABORATOIRE - GLISSEMENT DE CABASSOU

SONDAGE	Echantillon	Description	w	densité sèche	densité	Rhos	granulo	W1	Ip	VBS	Triax	ial UU	Triaxia	al CU+U	SONDAGE	Echantillon
					humide		0				PhiLII	CITI	Phi'	C'	BOILDHOL	Lonantinon
			(0/)	(t/m ³)	(+/m3)	(4)3		(0/)	(0/)		(0)	000	1 111			
802	2 2/4 0	limon arciloux + graviara	(70)	1.244	(/ш)	(Um)	<u>δ0 μ</u>	(%)	(%)		0	(KPa)	(°)	(KPa)	0.00	0.0// 0
302	7.15/9.0	limon heire ere	42.3	1.344	1.912		01.7	62	33						SC2	3.3/4.0
	7.15/8.0	limon beige ocre	22.3	1./42	2.130		(0.5	43	21				31	3		7.15/8.0
602	11.0/12.0		37.9	1.424	1.964		69.5	61	29		0	120				11.0/12.0
503	3.0/3.5	limon brun rouge	33.1	1.419	1.889			41	17						SC3	3.0/3.5
	3.5/4.0	argile limoneuse brune	45.8	1.311	1.912		57.5			1.3						3.5/4.0
	7.6/8.1	limon argilo-sableux brun ocre	24.6	1.658	2.066			46	21							7.6/8.1
	8.1/8.6	limon argileux bariolé brun ocre	26.3				57.9			1.4						8 1/8 6
	12.0/12.5	argile limoneuse bariolée rouge jaune	29.8	1.474	1.913	2.67		51	23		0	60	33	0		12.0/12.5
-	12.5/13.0	argile limoneuse brun ocre	49.9				68.6			0.8						12.5/13.0
	15.0/15.5	argile limono-sableuse bariolée	26.3	1.567	1.979	-		36	15							15.0/15.5
	15.5/16.0	limon argilo-sableux bariolé	32.5	1.490	1.974		51.3			0.8			31	0		15.5/16.0
SC6	3.0/4.0	limon argileux rouge	41.7	1.249	1.770			51	22	1.2					SC6	3.0/4.0
	14.0/15.0	limon argileux bariolé brun	49.9	1.227	1.840		68.3	58	24				33	0		14.0/15.0
SC7	2.0/3.0	argile rouille à rouge	29.7	1.486	1.927			51	16	1.3				9	SC7	2.0/3.0
	5.0/6.0	argile rouille à rouge graveleuse	32.3	1.575	2.084		66.4	46	19							5.0/6.0
	8.0/9.0	limon bariolée rouge ocre jaune	36.6	1.398	1.909			53	24	1.3	0	44	32	5		8.0/9.0
	16.0/17.0	sable argileux beige + débris végétaux	30.0	1.555	2.022		63.3	42	18							16.0/17.0
	20.0/21.0	argile limoneuse ocre à rouille	39.0	1.355	1.883	2.79		48	21	1.6						20.0/21.0
	23.0/24.0	limon sableux jaune ocre	25.3	1.638	2.052		43.2	38	14		0	124	23	41		23.0/24.0
	27.0/28.0	argile grise marbrée de blanc	20.8	1.808	2.184	1		42	18	1.7						27.0/28.0
SC8	3.0/4.0	argile limono-sableuse rouille	24.5				43.8								SC8	3.0/4.0
	5.5/5.6	sable limoneux a fraveleux ocre	31.1		£											5.5/5.6
	7.4/8.2	limon sablo-graveleux ocre beige	30.2	1.502	1.956					0.4		-				7.4/8.2
	9.2/9.3	limon sablo-graveleux ocre roux	26.8													9.2/9.3
	11.0/12.0	limon sablo-graveleux brun beige	41.3	1.336	1.888		39.9			1						11.0/12.0
	13.45/13.55	limon argileux beige	37.2			a. 1										13.45/13.55
	17.45/17.55	argile sableuse beige jaune	29.7	×												17.45/17.55
	21.5/21.6	argile limoneuse molle beige brun	30.4													21.5/21.6
	23.5/24.0	limon sableux beige jaune	29.2	1.475	1.906					1.4						23.5/24.0
SC11	1.9/2.0	argile rouille à rouille + graviers	34.0												SC11	1.9/2.0
	3.0/3.8	argile rouille à rouge qq graviers	40.7	1.347	1.895		63	49	23							3.0/3.8
	5.4/5.5	limon fin rouille et nodules noirs	40.6													5.4/5.5
	6.0/7.0	limon beige ocre	40.4	1.451	2.037			42	18							6 0/7 0
SC12	4.0/5.0	limon rouge + graviers	33.7	1.407	1.881		49.4	46	22						SC12	4 0/5 0
· · · · ·	13.5/13.6	limon sableux fin beige ocre	25.9												5012	13 5/13 6
	16.0/16.1	sable argileux beige à jaune	23.3													16 0/16 1
	18.0/19.0	argile bariolée beige ocre rouille	31.5			2.7				2.2						18.0/19.0
	21.0/22.0	argile limoneuse ocre rouille	42.4	1.351	1.924		82	56	24		0	50				21 0/22 0
	24.0/25.0	limon beige ocre rouille	41.1	1.383	1.951			20	1	2.5	0	30				24 0/25 0
	29.0/30.0	limon beige ocre à jaune	31.7	1.527	2.011		60.8	44	16	2.0						29 0/30 0
SC13	2.0/3.0	limon fin beige jaune ocre ag graviers	28.9	1.525	1.966		0010	51	26						SC13	20/30.0
	6.0/6.1	argile bariolée rouille rouge beige	55.5	1.020	1.200			51	20						5015	6 0/6 1
	8.0/8.5	argile limoneuse rouille à rouge	53.1	1.095	1 676		83.5	71	30							9.0/9.5
	12 0/12 1	argile rouille à rouge	45.5	1.055	1.070		05.5	/1	55							0.0/0.5
SC15	1.0/2.0	argile limoneuse bariolée + cailloux	19.0	1 771	2 107			21	12						8015	12.0/12.1
5015	8 4/8 5	limon graveleux brun	11.0	1.7/1	2.107			51	12						5015	1.0/2.0
SC17	3 0/3 1	argile rouille à rougeêtre	73.8												8017	8.4/8.3
5017	5 50/6 5	limon sableux brun beige ocra	44.2	1 210	1 880		<u>81</u> 4	11	16						SCI/	5.0/3.1
	68/60	limon argileux beige rouille	44.2	1.510	1.009		01.4	44	10							5.50/6.5
	0.3/10.2	argile limoneuse rouille à rouge	43.3	1 201	1 015	2 77		55	20							6.8/6.9
SC19	5.0/6.0	argile rouge avec rograms	24.2	1.201	2.165	2.11	54.0	10	22		17	10	20	10	0.010	9.3/10.3
5010	7.0/2.0	argile limonouse rouse + grouiers	24.2	1.743	2.100	17	54.8	48	21		17	49	32	13	SC18	5.0/6.0
	15.0/16.0	argue innoneuse rouge + graviers	20.3	1./81	2.143		20.6	57	14	1.0	14	55	26	15		7.0/8.0
	13.0/10.0		31.5	1.402	1.844		39.0	53	26	1.2	14	55	26	17		15.0/16.0
	17.0/18.0	minon argneux bariole beige ocre	26.7	1.577	1.998	1		59	26	3.8			23	5		17.0/18.0

Tableau 4 - Tableau récapitulatif des différents essais géotechniques réalisés suite au glissement du mont Cabassou en avril 2000. En vert sont surlignés les échantillons issus d'altérites en place. En noir sont encadrés les échantillons ayant fait l'objet d'essais triaxiaux CU-U permettant d'obtenir les valeurs de φ' et C'. Modifié d'après le rapport GéodE 01-DOS-139. Les autres analyses correspondent à des analyses sur échantillons remaniés. Les valeurs ne sont donc pas utilisable dans le cadre de ce projet.



Figure 14 - Coupe géologique du forage SC2. En rouge sous surlignés les altérites remaniées de la zone d'accumulation. En vert sont surlignées les altérites supposées en place. Modifiée d'après le rapport GéodE 01-DOS-139.

Fiche MPS S12-31 Rev 0 24/12/97									
SOLEN, immeuble Clerc									
.99	e 9/23).51	Fax:(05.9	6.51.99.57					
)	Debu	ut Po	ste	Fin Poste					
_									
plar	l								
PERI	essai de Aeabilite	С	BS	ERVATIONS					
			_						



Figure 15 - Coupe géologique du forage SC3. En rouge sont surlignés les altérites remaniées de la zone d'accumulation. En vert sont surlignées les altérites supposées en place. Modifiée d'après le rapport GéodE 01-DOS-139.

Fiche MPS S12-31 Rev 0 24/12/97									
OLEN, immeuble Clerc arde 97232 LE LAMENTIN .99.51 Fax:05.96.51.99.57									
)	Deb	ut Po	oste	Fin	Poste	j			
olar	1	<u> </u>				4			
PER	essai De Meabilite		DBSI	ERVATIO	ONS				


Figure 16 - Coupe géologique du forage SC18. En vert sont surlignées les altérites supposées en place. Modifiée d'après le rapport GéodE 01-DOS-139.

		_				_							
Fiche MPS \$12-31 Rev 0 24/12/97													
INIQ	UE		Т	Z. el:0	GE00 I Lo 15.96	DE S Lez	SOLE	N, i ≋ 9723	mmeu 82 LE Fax:	ble (LAN 05.9	Clerc (ENTIN (6.51	.99.5	7
T	NIVEA	JI	D'E	AU	(Do	ate)	Deb	ut Po	oste	F	in Po	ste
							_						_
8	8												
= Voi	ir plan			Y	= Vo	pir	plar	1	Z	= 0			
GE 100 0	RQD %5	STUBAGE	OUTIL	ECHANTILLON	PIEZOMETR	ATELIER	PERN	essai de Ieabilite	(OBSE	ERVA	TIONS	5
		40 L	ECH	Ξ									
		4	116 76			SEDIDRILL 750							





Figure 17 - Coupe géologique du forage SC7. En vert sont surlignées les altérites supposées en place. Modifiée d'après le rapport GéodE 01-DOS-139.

Dans son étude de 2016 (Berail, 2016), le CEREMA reprend les données de l'expertise judiciaire afin d'affiner le modèle de 2002. Les auteurs de cette étude soulèvent le fait qu'en profondeur, pour le forage SC18, les mesures de cohésion faites en 2002 argumentent en faveur d'un niveau moins cohésif qui devrait être considéré afin d'obtenir un modèle plus représentatif de la réalité. Ce niveau serait plus argileux que les niveaux supérieurs. Cette dernière interprétation va à l'encontre des données de forage qui décrivent des niveaux « à débit sableux » et à l'encontre des données granulométriques qui montrent que l'échantillon prélevé sur la carotte SC18 entre 15.2 et 15.5 m de profondeur est un sable argilo-limoneux très légèrement graveleux.

b) Données hydrogéologiques

En plus de nombreuses données géotechniques, l'expertise judiciaire menée par le bureau d'étude Géode (Geode, 2002) fournit de nombreuses données piézométriques. En tout, 12 sondages (SP1, SC2, SC3, SP5, SC6, SC7, SC8, SC11, SC12, SC13, SC15 et SC17) ont fait l'objet d'un suivi piézométrique entre le 7 décembre 2001 et le 2 juillet 2002. Les résultats sont fournis sur le Tableau 5, le Tableau 6, le tableau 7, le Tableau 8, le Tableau 9. De ces données, les auteurs de l'étude concluent que les variations le niveau piézométrique varie en moyenne de 2 à 3 m entre la fin de la saison sèche et la fin de la saison des pluies. Par endroit, ces variations peuvent atteindre 3,8 m (SC6) et 6,3 m (SC5).

Par ailleurs, dans le cadre de leur modélisation, l'expertise judiciaire exclut la possibilité d'un aquifère perché dans les allotérites argilo-sableuses sommitales et propose que seul l'horizon fissuré du socle soit un réservoir. Il constituerait alors un aquifère captif du fait de la très faible perméabilité des allotérites.

Enfin, la société Géode a aussi réalisé des essais de perméabilité (essais lugeons) afin d'évaluer le comportement du milieu fissuré mis sous pression. Les résultats de ces essais ne sont pas présentés dans le cadre de ce rapport. Parmi ces essais, celui réalisé sur le sondage SC17 entre 12,55 et 13,55 m, n'a pas été mené à son terme, car le volume injecté était proche de 1m³ toute les 10 minutes (6 m³.h⁻¹). Ce point montre l'importance et la rapidité de la circulation de l'eau dans certaines parties du socle fissuré du mont Cabassou.

Référence	SI	P1	SC2		
Altitude tête	Ititude tête 16.		2 15		
Relevés	Prof. (m)	Cote (NGG)	Prof. (m)	Cote (NGG)	
Fin de forage	7.0	9.62	pas d'eau	-	
07.12.01	8.05	8.57	10.47	4.84	
13.12.01	-	-	10.33	4.98	
17.01.02	7.24	9.63	10.53	4.78	
22.03.02	6.90	9.97	6.24	9.07	
22.04.02	6.67	10.20	-	-	
02.07.02	6.56	10.31	-	-	

Tableau 5 - Données du suivi piézométrique pour SP1 et SC2. D'après le rapport d'expertise du bureau d'étude Géode (Geode, 2002).

Référence	S	C3	SP5		
Altitude tête	15	5.58	25	5.12	
Relevés	Prof. (m)	Cote (NGG)	Prof. (m)	Cote (NGG)	
Fin de forage	pas d'eau	-	12.3	12.82	
07.12.01	8.45	7.44	11.84	13.28	
13.12.01	8.31	7.58	12.30	13.07	
17.01.02	8.26	7.63	12.11	13.26	
22.03.02	6.30	9.59	7.36	18.01	
22.04.02	-	-	6.50	18.87	
02.07.02	-	-	6.00	19.37	

Tableau 6 - Données du suivi piézométrique pour SC3 et SP5. D'après le rapport d'expertise du bureau d'étude Géode (Geode, 2002).

Référence	S	C6	SC7		
Altitude tête	24	.74	39.13		
Relevés	Prof. (m)	Cote (NGG)	Prof. (m)	Cote (NGG)	
Fin de forage	7.5	17.24	5.0	34.13	
07.12.01	14.60	10.35	7.83	31.56	
13.12.01	-	-	8.30	31.09	
17.01.02	13.31	11.64	-	-	
22.03.02	10.88	14.07	4.60	34.79	
22.04.02	10.80	14.15	4.70	34.69	
02.07.02	11.10	13.85	4.55	34.84	

Tableau 7 - Données du suivi piézométrique pour SC6 et SP7. D'après le rapport d'expertise du bureau d'étude Géode (Geode, 2002).

Référence	S	C8	SC11			
Altitude tête	34	1.32	32.07			
Relevés	Prof. (m)	Cote (NGG)	Prof. (m)	Cote (NGG)		
Fin de forage	7.5	26.82	3.0	29.07		
07.12.01	4.24	30.08	1.61	30.46		
13.12.01	4.65	29.92	2.18	30.14		
22.03.02	4.60	31.69	1.05	31.27		
22.04.02	4.70	31.57	1.05	31.27		
02.07.02	4.55	32.47	-	-		

Tableau 8 - Données du suivi piézométrique pour SC8 et SC11. D'après le rapport d'expertise du bureau d'étude Géode (Geode, 2002).

Référence	SC	C12	SC13			
Altitude tête	49	.42	59.21			
Relevés	Prof. (m)	Cote (NGG)	Prof. (m)	Cote (NGG)		
Fin de forage	9.47	39.95	7.45	51.76		
07.12.01	11.60	38.15	13.20	46.28		
13.12.01	12.24	37.51	13.67	45.81		
22.03.02	11.20	38.55	13.23	46.25		
22.04.02	11.00	38.75	12.55	46.93		
02.07.02	9.92	39.83	10.15	49.33		

Tableau 9 - Données du suivi piézométrique pour SC12 et SP13. D'après le rapport d'expertise du bureau d'étude Géode (Geode, 2002).

Référence	S	C15	SC17			
Altitude tête	66	5.51	52.33			
Relevés	Prof. (m)	Cote (NGG)	Prof. (m)	Cote (NGG)		
Fin de forage	8.3	58.21	6.4	45.93		
07.12.01	11.65	55.01	9.66	43.02		
13.12.01	11.53	55.13	10.20	42.48		
22.03.02	-	-	6.25	46.43		
22.04.02	-	-	6.65	46.03		

 Tableau 10 - Données du suivi piézométrique pour SC15 et SP17. D'après le rapport d'expertise du bureau d'étude Géode (Geode, 2002).

Depuis 2004, deux piézomètres ont été installés afin de suivre le niveau piézométrique au droit de la masse glissée Figure 18. Les mesures sont présentées dans le Tableau 11. La Figure 19 montre la variation d'altitude du niveau piézométrique depuis le début du suivi. Pour PZ1, cette figure montre que la variation maximum de ce niveau est de 3,5 m tandis qu'elle est de 3.03 m pour PZ4. De telles valeurs de variations sont comparables à celles calculées lors de l'expertise judiciaire (Geode, 2002) ainsi qu'à celles du lac des Américains (voir Figure 35) pour le mont Grand Matoury



Figure 18 - Localisation des deux piézomètres installés en 2004 pour le suivi du niveau piézométrique de la masse glissée. Le point vers de gauche représente PZ1 (alt. 30,26 m) et le point vert de droite représente PZ4 (alt. 23,88 m). Légende géologique sur la Figure 20.

Piézomètre N°	PZ1 cote Nappe NGG	PZ4 cote Nappe NGG
06/02/04	19,31	9,90
30/03/04	20,09	11,26
12/05/04	21,54	12,06
18/06/04	21,56	12,11
27/07/04	21,21	11,69
15/10/04	20,30	10,85
16/02/05	20,54	11,37
23/05/05	21,80	12,26
15/06/05	21,29	11,68
19/07/05	21,43	11,74
04/01/06	20,66	11,74
03/04/06	21,26	11,51
11/07/06	21,56	12,74
01/06/07	21.86	12.30
04/07/07	21.71	12.09
04/12/07	19.70	10.41
07/05/08	21.66	11.99
14/08/08	21.34	9.69
08/09/09	20.86	11.19
02/06/10	22.21	12.49
25/06/13	22.01	12.19
03/02/14	22.36	12.69
30/10/15	20.16	10.69
13/05/16	22.49	12.72
20/12/16	19.16	9.89
15/05/18	22.66	12.29
17/07/19	22.08	12.00
Variation au 16/07/19	2.77 m	2.1 m

Tableau 11 - Suivi piézométrique réalisé par le LBTPG depuis 2004 sur la masse glissée du mouvement de terrain de Cabassou. D'après le rapport de suivi de Ginger LBTP G (LBTPG, 2019).



Figure 19 - Variation de la côte NGG du niveau piézométrique mesuré dans PZ1 et PZ4 entre le 6 février 2004 et le 17 juillet 2019. D'après les données de suivi levées par le LBTPG (LBTPG, 2019).

4. Étude géologique, hydrogéologique et géophysique

4.1. CARTOGRAPHIE GÉOLOGIQUE ET OBSERVATIONS HYDROGÉOLOGIQUES

L'environnement immédiat (0-100 m) et l'environnement plus éloigné (100 m – 1 km) de chacun des glissements de terrain étudié a fait l'objet de reconnaissance géologique et hydrogéologique sur le terrain. Cette reconnaissance a permis, le cas échéant de préciser la carte géologique du secteur et de fournir un schéma géologique à 1/20 000 de chacune des zones d'étude.

4.1.1. Mont Cabassou : MVTCAY168 et MVTCAY171

Un schéma géologique a été réalisé pour le mont Cabassou et ses alentours. Les contours géologiques sont basés sur les nombreuses observations de terrain réalisées dans le cadre de cette étude et ont été tracés sur une base topographique issue des données LiDAR 50 cm de résolution acquises en 2014 par la DGTM (Ex DEAL) et affichées à l'échelle 1/10 000. L'échelle de restitution est au 1/20 000. Ce schéma est présenté sur la Figure 20.

D'un point de vue géologique, le mont Cabassou est attribué au Complexe de l'île de Cayenne. Ce dernier est principalement constitué de gneiss migmatitiques (métatonalites et métagranodiorites) et dans une moindre mesure d'amphibolite. Il est entouré par des dépôts sédimentaires d'âge quaternaire appartenant probablement aux formations de Coswine et de Démérara. Ces dépôts n'ont pas été reconnus dans le cadre de ce projet. Néanmoins, les limites de chacune de ces formations apparaissent bien sur les données LiDAR, ce qui a permis de les cartographier.

Schéma géologique à 1/20 000 du secteur de Cabassou Commune de Rémire-Montjoly Guyane française - 1/20 000



G.Aertgeerts, N. Brisset et A. Lauffenburger (2020)

Figure 20 - Schéma géologique à 1/20 000 du mont Cabassou et de ses alentours. Commune de Rémire-Montjoly, Guyane française. Fond cartographique : SCAN25 IGN© traité en niveau de gris. Les points bleus représentent les secteurs de résurgence identifiés sur le terrain.

À l'affleurement, le mont Cabassou expose principalement des allotérites argilo-sableuses. Celles-ci sont souvent coiffées par un niveau plus ou moins fin de colluvions argilograveleuses. Localement, vers le bas, ces allotérites peuvent présenter des marbrures ferrugineuses indurées. À l'est du mont, le long de la route d'Attila Cabassou, ces allotérites laissent place à des affleurements sains tandis que les isaltérites affleurent à la faveur des quelques terrassements réalisés au cours de ces dernières années. Les altérites sont donc, dans ce secteur, très peu épaisses et les isaltérites semblent peu développées.

Au niveau des flancs du mont Cabassou, plusieurs affleurements de roches saines ont pu être mis en évidence. Ces affleurements correspondent principalement à de la dolérite et, dans une moindre de mesure à des gneiss.

D'un point de vue cartographique, les affleurements de dolérites dessinent 3 filons orientés nord-nord-ouest/sud-sud-est, déjà mis en évidence par Choubert, (1956) et Egal *et al.* (1994), mais dont nous avons précisé les positions. Ainsi, le versant ouest du mont Cabassou est limité, à sa base, par un filon de dolérites dont la largeur atteint environ 100 m. Le versant est quant à lui armé par un filon dont la puissance est de l'ordre de 80 m.

Dans les versants du mont, les affleurements de dolérite forment des chicots rocheux de quelques mètres à plusieurs mètres et apparaissent souvent très fracturés (Figure 21 a, b et c). Ils présentent parfois un débit grossier en pelure d'oignon (Figure 21 a) et certains blocs montrent des signes de basculement qui traduisent soit une contrainte exercée par les terrains situés en amont, soit une perte d'assise des terrains en aval (Figure 21 b). Ces affleurements sont donc des zones de départs de chute de bloc dont il conviendrait, à terme, d'évaluer la distance de propagation.

Dans ces mêmes versants, les affleurements de gneiss apparaissent à la faveur des vallées ou des tranchées anthropiques (Figure 21 d, e et f). Dans une moindre mesure, ils forment aussi des chicots rocheux. La roche apparait plus altérée, mais autant fracturée que la dolérite (Figure 21 c). Localement des isaltérites ont aussi été identifiées. Elles apparaissent sous la forme de blocs hétérométriques emballés dans une allotérites argilo-sableuse (Figure 21 d).



Figure 21 - Photographie de différents affleurements identifiés dans le versant ouest du mont Cabassou. (a et c) affleurement de dolérites montrant un débit grossier en pelure d'oignon (TAL070 et TAL040). (b) affleurement de dolérite fracturée légèrement basculée sous l'effet probable des terrains amont (TAL088). (d) nombreux blocs d'isaltérites de gneiss emballée dans une allotérite argilo-sableuse (TAL017). (e) affleurement massif de gneiss (TAL039). (f) affleurement de gneiss altéré (TAL015). Au sud du mont, les quelques plateformes terrassées dans le cadre de la construction de plusieurs lotissements laissent apparaître, soit des isaltérites, soit des affleurements de gneiss sains et dans une moindre mesure de dolérite saine. Il est à noter que certains affleurements observés (e.g., TAL025, 026 et 027) témoignent d'un contact net entre les allotérites et la roche saines. Dans ce cas, les isaltérites sont extrêmement réduites, voire inexistantes. De plus, par endroit, des remontées de socles ont été observées (e.g., Figure 22). Ce type de remontée est, de fait, responsable d'une diminution de la puissance des allotérites. Dans le secteur où cette structure a été observée, la puissance des allotérites varie entre 2 et 12 m.



Figure 22 - Photographie d'un affleurement de gneiss remontant dans les allotérites argilosableuses (TAL027).

4.1.2. Mont Petit Matoury et secteur d'entre-deux Coteaux (mont Grand Matoury) : MVTCAY150 et MVTCAY200

De même que pour le mont Cabassou, un schéma géologique a été réalisé. Les conditions de réalisation de ce schéma sont comparables à celle du mont Cabassou. Ce schéma est présenté sur la Figure 25.

a) Mont Petit Matoury

Le mont Petit Matoury appartient aussi au Complexe de l'Ile de Cayenne. Ce complexe est, pour rappel, constitué de gneiss parfois migmatitiques, d'amphibolites et de leptynites. De même que pour le mont Cabassou, le mont Petit Matoury est entouré de formations sédimentaires quaternaires. Sur le terrain, aucun affleurement de roche saine n'a été identifié.

L'ensemble du mont a été parcouru, mais les meilleures observations se font dans l'ancienne carrière de latérite située dans le versant sud mont.

Dans ce secteur, les talus situés au sommet du mont exposent des allotérites argilo-sableuses parfois graveleuses. Vers la base de la carrière, ces allotérites passent progressivement à des isaltérites très argileuses qui se caractérisent par une préservation de certaines structures de la roche (e.g., foliation, schistosité, litage). Dans cette carrière, la puissance de cet horizon argilo-sableux est d'une dizaine de mètres. L'analyse des anciens fronts de taille permet d'identifier de nombreuses variations latérales de faciès qui correspondent probablement à l'alternance entre des niveaux gneissiques et leptynitiques et des niveaux amphibolitiques.

De plus, le sommet du mont Petit Matoury est coiffé par une cuirasse ferrugineuse qui souligne les lignes de crêtes et forme un replat topographique d'environ 1 Ha.

Au nord du mont, des blocs volants de dolérite saine ont été identifiés. Leur présence suggère que des filons de dolérite arment à certains endroits le mont Petit Matoury. Cependant, il n'a pas été possible de confirmer cette hypothèse sur le terrain.

b) Secteur d'entre Deux Coteaux (mont Grand Matoury)

Deux missions ont été organisées dans le secteur d'entre deux Coteaux. Ce secteur du mont Grand Matoury présente une géologie assez comparable à celle observée sur le mont Petit Matoury. En effet, les observations sur le terrain ont permis de mettre en évidence les lithologies suivantes :

- colluvions hétérogranulaires ;
- cuirasse ferrugineuse ;
- alloltérite argilo-sableuses ;
- isaltérites argileuses ;
- isaltérites (roche « arénisée »).

L'ouest du secteur étudié expose principalement une cuirasse ferrugineuse qui s'étend depuis le sommet du mont jusqu'à la route (Figure 25). En amont, la cuirasse apparait relativement massive et présente de nombreuses fractures (Figure 23 a et b). Sa base se caractérise par une forte proportion de nodules hétérométriques ferrugineux dans une matrice argileuse. En aval du versant, la cuirasse prend une couleur lie-de-vin très prononcée (Figure 23 c et d). Des blocs métriques volants de cuirasse massive similaires à la cuirasse identifiée en amont sont néanmoins toujours observés (Figure 23 c et d). Il est possible que ce niveau lie-de-vin corresponde à un niveau intermédiaire entre la cuirasse ferrugineuse classique et les allotérites argilo-sableuses. Ce niveau est souvent surmonté par un niveau de colluvions argilo-sableuses qui tendent à combler les dépressions topographiques de la cuirasse (Figure 23 c et d).

Sous cette cuirasse, quelques points d'observations ont permis de mettre en évidence la présence d'allotérites argilo-sableuses, parfois graveleuses. En aval de la pente, cet horizon parait très fin (1 à 2 m de puissance) et discontinue latéralement (Figure 24). Sous cet horizon se trouvent des isaltérites argileuses à marbrures ferrugineuses fréquentes (Figure 24). Ce niveau montre des passées sablo-graveleuses et des passées très riches en fer traduisant des variations latérales de faciès de la roche mère (Figure 24). Ces différentes passées soulignent la foliation héritée de la roche mère. Au niveau du contact avec l'encaissant, elles présentent un fin niveau ferrugineux induré qui traduit la précipitation d'oxyde de fer. Ceci implique que ces différents contacts jouent le rôle de drain et constituent des structures de circulation préférentielle de l'eau souterraine. Par ailleurs, entre l'allée du Grand Matoury et

l'Impasse de la Colline, une source a été observée. Elle traduit la présence d'un aquifère dans les allotérites argilo-sableuses. Dans ce même secteur, plusieurs puits sont d'ailleurs utilisés par les habitants. Selon ces derniers, ces puits seraient en eau toute l'année.



Figure 23 - (a et b) Photographies d'affleurement de cuirasse massive et fracturée. (c et d) photographies de cuirasse lie-de-vin surmontée de colluvions.



Figure 24 - (a) Photographie d'un talus montrant une partie du profil d'altération du Complexe de l'île de Cayenne dans le secteur de l'allée d'entre Deux Coteaux. (b) photographie rapprochée des passées sablo-graveleuses identifiées dans les isaltérites argileuses à marbrures ferrugineuses.

L'est du secteur étudié présente un des reliefs plus marqués que l'ouest. Au niveau de la niche d'arrachement du glissement de terrain (MVTCAY150), la cuirasse ferrugineuse passe à des allotérites argilo-sableuses surmontées de colluvions. Très localement, des pointements de roche altérée ont aussi été observés, en particulier dans les secteurs à fortes pentes situés au sud du glissement de terrain.



Figure 25 - Schéma géologique à 1/20 000 de la partie nord du mont Grand Matoury et du mont Petit Matoury. Commune de Matoury, Guyane française. Fond cartographique : SCAN25 IGN© traité en niveau de gris. Le point bleu représente la source identifiée dans le cadre de cette étude. La ligne bleue représente la ligne de source odentifiée par Aertgeerts et al., (2020).

4.2. OBSERVATIONS, MESURES HYDROGÉOLOGIQUES ET MODÈLE CONCEPTUEL D'ÉCOULEMENT DES EAUX SOUTERRAINES AU SEIN DU MONT CABASSOU

Les sources décrites dans l'expertise judiciaire de 2002 (Geode, 2002) n'ont pas été reconnues dans le cadre de cette étude. Au sud du mont Cabassou, à l'ouest du lotissement Samuel, plusieurs zones de résurgences ont été identifiées au contact entre le filon de dolérite et son encaissant métamorphique (TAL002, 004, 005 et 020). Cinq paramètres physicochimiques ont été mesurés au niveau de ces sources :

- pH;
- CE (µS.cm-1);
- Température (T en °C) ;
- ORP (mV) ;
- O² dissous (%).

Les mesures sont présentées dans le Tableau 12. Sur les différentes sources, le pH varie entre 5,52 et 6,25. La conductivité varie entre 70 à 130 μ S.cm⁻¹. Cette gamme est supérieure à la gamme de conductivité habituellement rencontrée (i) dans les formations superficielles de Guyane (Béchelen et Joseph, 2016 ; Bousquet et al., 2020 ; Lhotelin et Joseph, 2019, 2018) où la conductivité est généralement inférieure à 50 μ S.cm⁻¹, (ii) dans les profils d'altération latéritiques où elle est inférieure à 40 μ S.cm⁻¹ (Grimaldi *et al.*, 1994). Les valeurs d'oxygène dissous (O²) s'échelonnent entre 16 et 94 %. Une telle variabilité est probablement liée à l'influence des nombreuses pluies précédant certaines mesures. En effet, les eaux de pluie présentent habituellement de forts taux d'oxygène dissous (>90 %). Un mélange entre les eaux issues des sources et celles liées au ruissèlement est tout à fait envisageable et expliquerait cette forte variabilité. Des mesures de débit au corps flottant ont été réalisées pour la source TAL002. Les résultats obtenus sont de 1.2 m³.h⁻¹ le 6 mai 2019 et de 1.04 m³.h⁻¹ le 7 mai 2019.

D'un point de vue circulation souterraine des eaux, ces données suggèrent très fortement que l'horizon fissuré est parcouru. Une telle interprétation est cohérente avec le fait que, non loin des secteurs de résurgence, des affleurements de socles sains ont été identifiés. Elle est aussi cohérente avec le modèle hydrogéologique proposé par Geode (2002) au nord du mont Cabassou.

	Point d'observation	рН	CE (µS.cm-1)	Т (°С)	ORP (mV)	O ² Dissous	Date
	TAL002	5,91	130	27,1	13	76%	30/04/2019
	TALOOZ	6	105	27,3	111	88%	07/05/2019
		6,15	82	25,9	107,3	68%	30/04/2019
		6,25	80	26,1	155	94%	07/05/2019
	TAL004	5,77	70	25	119	85%	06/05/2019
		-	-	-	-	-	07/05/2019
		5,57	78	25,5	140	92%	06/05/2019
		5,81	81	25,9	99	16%	30/04/2019
		5,72	71	22,6	130	18%	30/04/2019
	TALOUS	5,95	80	26	78	85%	06/05/2019
		6,2	126	27	152	90%	07/05/2019
_	TAL020	5,52	80	26	24,3	42%	30/04/2019

Tableau 12 - Tableau récapitulatif des mesures physicochimiques des différents secteurs de résurgences identifiés dans le versant ouest du mont Cabassou. Pour les points TAL004 et TAL005, plusieurs sources très rapprochées ont été identifiées ; chacune d'entre elles a fait l'objet de mesures. En plus de ces sources, plusieurs zones humides ont été identifiées autour du mont Cabassou. La plus importante en termes de superficies se situe au sud du mont. Les autres se situent à la base du versant ouest et à la base du versant nord (Figure 26). Ces zones sont *a priori* humides toute l'année.

Ces observations et mesures hydrogéologiques associées aux données géologiques et complétées par le fait que les filons de dolérite sont considérés comme des barrières étanches (Dewandel *et al.*, 2009) permettent de proposer un modèle conceptuel des directions globales d'écoulement au sein du mont Cabassou. Ce modèle est présenté sur la Figure 26.

Dans le socle fissuré, le sens préférentiel de circulation des eaux est contraint par la fracturation principale de la roche (Figure 26, flèches bleu foncé). Celle-ci est représentée sur les stéréogrammes de la Figure 26. Deux axes principaux de fracturations peuvent être identifiés à partir de ces mesures. Le premier est caractérisé par des fractures à très fort pendage et orientées selon un axe nord-ouest/sud-est. Le second est caractérisé par des fractures dont le pendage est parfois plus faible et dont l'azimut est grossièrement perpendiculaire à celui du premier. Ces deux axes sont sécants à l'axe des filons de dolérite. Aussi, il est probable que la circulation de l'eau dans le socle fissuré et soit bloquée par ces filons.

Dans les allotérites argilo-sableuses ainsi que dans les isaltérites plus sableuses, du fait d'une isotropie du milieu, le contrôle de l'écoulement n'est plus structural. L'eau aura tendance à s'écouler selon la ligne de plus grande pente et donc, globalement perpendiculairement aux isolignes topographiques (Figure 26, flèches bleu clair).

Prises ensemble, ces directions d'écoulement définissent deux « principaux vecteurs⁴ » de même axe, mais de sens opposé qui représente la direction globale de circulation de l'eau dans le mont Cabassou (Figure 26, flèches jaunes). Selon ce modèle, dans la partie sud du mont, la circulation de l'eau se fait globalement vers le sud tandis que dans la partie nord, elle se fait globalement vers le nord. Un tel modèle est cohérent avec la présence des zones humides identifiées au nord et au sud du mont.

⁴ Au sens mathématique du terme

Schéma géologique à 1/20 000 du secteur de Cabassou Commune de Rémire-Montjoly Guyane française



Figure 26 - Modèle d'écoulement de l'eau souterraine dans le mont Cabassou.

4.3. TOMOGRAPHIES GÉOPHYSIQUES

Les tomographies géophysiques ont été réalisées selon 2 méthodes. Dans un premier temps, des profils de résistivité électrique ont été réalisés. L'acquisition des données a été assurée par la société GéophyGuyane. Celle-ci a fourni au BRGM un rapport de fin de mission ainsi que les données brutes acquises. Dans un second temps, des tomographies sismiques (Vs et Vp) ont été réalisées sur les mêmes profils. Elles ont été assurées par le BRGM. Les résultats sont présentés sur la Figure 27, la Figure 28et la Figure 30.

En l'absence de forage de calage du signal (sismique et électrique), les coupes géologiques qui peuvent être proposées à partir de ces tomographies sont toujours pourvues de fortes incertitudes tant il y a de facteurs pouvant influencer les paramètres physiques mesurés (e.g. pourcentage d'argile, proportion d'eau, pourcentage de sable et gravier, etc.). De la même manière, l'interprétation des niveaux piézométriques est impossible, en particulier ceux concernant les aquifères captifs ou semi-captifs de l'horizon fissuré. Aussi, en dehors du mont Cabassou, les niveaux piézométriques proposés dans les paragraphes suivants doivent être considérés uniquement comme possibles.

4.3.1. Mont Cabassou : modèle géologique interprétatif

Les résultats des tomographies géophysiques pour le mont Cabassou sont présentés sur la Figure 27.

La tomographie la plus représentative des différentes interfaces géologiques est probablement celle des ondes S. En effet, ces ondes ne sont, en théorie, pas influencées par l'eau alors que la vitesse des ondes P ainsi que la conductivité augmentent avec la présence d'eau. La Figure 27 (a) présente les résultats d'inversion des données sismiques concernant les ondes S. Tout comme pour le mont Petit Matoury, elle montre une augmentation progressive des vitesses (Vs) avec la profondeur. Les valeurs minimums obtenues sont de l'ordre de 200 m.s⁻¹ tandis que les valeurs maximums sont de l'ordre de 720 m.s⁻¹.

Trois horizons géophysiques plus ou moins parallèles entre eux se distinguent sur cette figure :

- MASW-H1 : ≈200 < Vs < ≈350 m.s⁻¹ ;
- MASW-H2 : ≈350 < Vs < ≈500 m.s⁻¹ ;
- MASW-H3 : ≈500 < Vs < ≈720m.s⁻¹.

La Figure 27 (b) présente les résultats d'inversion des données sismiques concernant les ondes P. De même que pour les ondes S, trois horizons peuvent être distingués :

- R-H1 : ≈380 < Vp < ≈1 300 m.s⁻¹;
- R-H2 : ≈1300 < Vp < ≈3 300 m.s⁻¹;
- R-H3 : Vp > 3 300 m.s⁻¹.

La Figure 27 (c) présente les résultats d'inversion des données de résistivité électrique. Celle-ci apparait plus complexe que les deux précédentes. Au total, 7 horizons peuvent être distingués :

 le premier (ERT-H1) est un niveau résistant. Il occupe la partie sommitale du mont où il s'étend sur environ 90 m. En accord avec les observations de terrain, ce niveau est représentatif d'une cuirasse latéritique ferrugineuse;

- le deuxième horizon (ERT-H2) est principalement identifié au centre dans la partie NE du profil (tomographie CAB5). Ce niveau apparait relativement conducteur et présente des variations latérales de résistivité qui sont difficiles à interpréter en l'absence de sondage sur le terrain. Plusieurs explications peuvent cependant être avancées. La première consiste à attribuer ces variations latérales à des variations de la teneur en eau du milieu. La deuxième consiste à les interpréter comme des variations lithologiques. Les secteurs les plus conducteurs pourraient alors être plus argileux, tandis que les autres pourraient présenter une fraction sableuse plus importante ;
- le troisième horizon (ERT-H3) est identifié sur le versant ouest du mont (CAB4). Il est fortement comparable à l'horizon ERT-H2 quoique présentant une gamme de résistivité un peu moins étalée ;
- les quatrième et cinquième horizons (ERT-H4 et 5) sont identifiés sur les deux versants du mont. Ces deux horizons montrent une augmentation continue de la résistivité avec la profondeur;
- le sixième horizon (ERT-H6) présente une gamme de résistivité comparable aux horizons ERT-H4 et ERT-H5. Néanmoins il se distingue par une forme verticale qui suggère soit la remontée d'une roche plus résistante, soit une variation latérale de faciès tel qu'un filon de dolérite. En aval, de cet horizon, la tomographie de résistivité montre un septième horizon (ERT-H7) dont les résistivités sont comparables aux horizons ERT-H4 et ERT-H6. Cet horizon pourrait correspondre à des éléments rocheux issus du démantèlement de l'horizon ERT-H6.

Ces tomographies géophysiques permettent de proposer un modèle hydrogéologique de la zone d'étude. Ce modèle est présenté sur la Figure 27 (d). Il semble que la tomographie MASW fournit des données représentatives des variations lithologiques en profondeur :

- le socle fissuré (HR-1) serait atteint à une profondeur comprise entre 20 et 30 m. Cette observation est cohérente avec l'étude réalisée par le bureau d'étude Géode (Geode, 2002).
 Il est cependant à noter que, contrairement à cette étude, il n'est pas observé ici de remontée du socle en amont du versant. Par contre, des variations d'altitude du toit du socle sont bien visibles ;
- au-dessus de ce socle, les altérites débutent par un horizon de puissance variable (HAI-3), quelques mètres à dix mètres. Il est difficile de proposer une lithologie précise pour cet horizon, mais un rapprochement avec le niveau sableux décrit entre 16 et 20 m de profondeur sur le forage SC18 (Figure 16) semble très pertinent. Cet horizon serait alors constitué d'altérites argilo-sableuse (isaltérite (?), socle arénisé (?)).

Il est à noter que la tomographie MASW montre que cet horizon est par endroit quasi absent. Ceci est cohérent avec les observations réalisées sur le terrain, en particulier au sud du mont Cabassou (Figure 22) ;

- le profil d'altération se poursuit vers le haut par un horizon de 15 à 20 mètres de puissance (HAI-2). Les différents forages réalisés par le bureau d'étude Géode (Geode, 2002 ; Figure 13 ; Figure 14 ; Figure 15 et Figure 16) ainsi que les observations de terrain indiquent qu'il s'agit d'allotérite de composition assez variable avec néanmoins une proportion de fines (argile + limon) comprise entre 30 et 70 % pour des proportions de sable et gravier très variables (Figure 13). Les observations de terrain montrent que le sommet de cet horizon est caractérisé par un niveau (puissance variable) de colluvions. Par ailleurs, dans le versant ouest, l'horizon HAI-2 montre localement des variations de faciès (horizon HAI-4). Comme cela a été précisé précédemment cet horizon correspond probablement à un niveau riche en éboulis ;
- enfin, un filon de dolérite (non observé lors de la cartographie de terrain) pourrait recouper l'ensemble des horizons précédemment décrits pour le versant ouest.



Figure 27 - Tomographies géophysiques et coupe géologique interprétative réalisées pour le mont Cabassou. (a) tomographie MASW (inversion des modèles de vitesse des ondes S). (b) tomographie de réfraction des ondes P. (c) tomographie de résistivité électrique (ERT). (d) coupe hydrogéologique interprétative. Pour les figures a, b et c, les lignes discontinues noires représentent les limites supposées entre les différents horizons géophysiques. Pour la figure (d) elles représentent les limites interprétées des différents horizons d'altération de la roche. (e) localisation des deux profils de tomographie géophysique (entre les points verts) réalisés sur le mont Cabassou. Fond morphologique : LiDAR 50 cm (DGTM) traité par ombrage (azimut 315°, angle 45°). Légende géologique : cf. Figure 20. Les points jaunes représentent les points d'observation de terrain. Les points verts représentent les piézomètres de suivi de masse glissée.

4.3.2. Mont Petit Matoury : modèle géologique interprétatif (d'après Aertgeerts *et al*., en cours)

Les résultats des tomographies géophysiques pour le mont Petit Matoury sont présentés sur la Figure 28.

La Figure 28 (a) présente les résultats d'inversion des données sismiques concernant les ondes S. Elle montre une augmentation progressive des vitesses (Vs) avec la profondeur. Les valeurs minimums fournies sont de l'ordre de 100 m.s⁻¹ tandis que les valeurs maximums sont de l'ordre de 800 m.s⁻¹. Au niveau du profil PM2, cette gamme de vitesse apparait davantage étalée par rapport au profil PM1. De plus, sur le profil PM 2 les données inversées montrent, en profondeur, une diminution latérale (vers l'ouest-nord-ouest) des valeurs de Vs. Cette diminution pourrait être associée à la présence d'une faille autour de laquelle l'altération de la roche serait plus prononcée (augmentation de la proportion d'argile diminuant la vitesse). Quatre horizons peuvent être distingués ; ils sont caractérisés par les intervalles de vitesse suivants :

- MASW-H1 : ≈100 < Vs < ≈300 m.s⁻¹ ;
- MASW-H2 : ≈300 < Vs < ≈400 m.s⁻¹ ;
- MASW-H3 : ≈400 < Vs < ≈550 m.s⁻¹ ;
- MASW-H4 : ≈550 < Vs < ≈800 m.s⁻¹.

La Figure 28 (b) présente les résultats d'inversion des données sismiques concernant les ondes P. Le profil PM1 montre une dichotomie ouest-nord-ouest – est-sud-est où le profil de vitesse des ondes P montre une évolution en profondeur qui est inversée par rapport à celle des ondes S. Ainsi, les ondes P atteignent des vitesses relativement importantes à l'ouest-nord-ouest du profil PM1 (jusqu'à 5 300 m.s⁻¹) tandis qu'elles sont, pour une même altitude, beaucoup plus faibles à l'est-sud-est (~ 3 300 m.s⁻¹). Trois horizons géophysiques semblent se dessiner à partir des vitesses des ondes P :

- R-H1 : ≈400 < Vp < ≈1 300 m.s⁻¹ ;
- R-H2 : ≈1300 < Vp < ≈3 300 m.s⁻¹;
- R-H3 : Vp > 3 300 m.s⁻¹.

La Figure 28 (c) présente les résultats d'inversion des données de résistivité électrique. Au niveau du profil PM1, la coupe de résistivité montre aussi une dichotomie ouest-nord-ouest - est-sudest. Cette dernière se caractérise par une augmentation de la conductivité dans la moitié ouestnord-ouest du profile. En surface, plusieurs horizons résistants (Rho < ≈900 ohm.m) peuvent être identifiés (ERT-H1, H2 et H3). À l'ouest-nord-ouest, l'horizon H1 est cohérent avec les contours de la cuirasse ferrugineuse cartographiée précédemment. En avail de la pente, l'horizon H2 correspond à des colluvions riches en petits graviers et galets de cuirasse. Sur le profil PM2, l'horizon ERT-H3 apparait plus épais que les deux autres. Les observations de terrain dans ce secteur ont montré la présence à l'affleurement d'un filon fortement altéré de pegmatite à quartz, feldspaths et muscovite dont la signature en résistivité pourrait correspondre à celle de l'horizon ERT-H3. Sur le profil PM2, en profondeur, plusieurs horizons se distinguent (ERT-H4, H5, H6, H7 et H8). Parmi eux, l'horizon ERT-H4 ne s'observe que sur PM2. La position de son mur est assez proche de celle de l'horizon MASW-H1. L'horizon RT-H5 (200 < rho < 600 ohm.m) s'observe sur les deux profils. Dans les deux cas, latéralement, cet horizon passe progressivement à un horizon beaucoup plus conducteur (ERT-H7 et ERT-H8; rho < 200 ohm.m). Sur PM2, cette variation coïncide bien avec la zone fracturée identifiée par les données MASW et avec l'augmentation des vitesses des ondes P dans ce même secteur. Sur PM1, un tel constat semble aussi se dessiner entre les données ERT et les vitesses Vp. Enfin, les deux profils montrent en profondeur un horizon très résistant (ERT-H6 ; rho > 800 ohm.m).

Ces différentes tomographies géophysiques permettent de proposer un modèle hydrogéologique conceptuel du mont Petit Matoury (Figure 28 (d)). Les différentes limites géophysiques tracées sur la Figure 28 (a) ont donc été interprétées comme des limites dans le profil d'altération (Figure 28 (c)). De plus, des limites plus détaillées peuvent être proposées à partir des données ERT. Il est à noter que ces limites restent indicatives, car aucun forage profond de calage (i.e., recoupant l'intégralité du profil d'altération) n'existe sur la zone et, car les données de terrain comme les données de tomographie géophysique montrent un profil d'altération plutôt progressif.

Le socle fracturé (HR-1) serait atteint entre l'isoligne de vitesse 500 m.s⁻¹ et l'isoligne 600 m.s⁻¹, la position du mur de cet horizon reste difficile à déterminée. Ce socle peu altéré est surmonté par un profil d'altération dont l'épaisseur parait relativement homogène (autour de 50 m⁵). Au sommet du mont, le profil d'altération est coiffé par un horizon cuirassé (HAI1) dont l'épaisseur atteint environ 10 m. Sous cette cuirasse, les horizons MASW-H2 et ERT-H4 correspondent probablement aux allotérites argilo-sableuses parfois légèrement graveleuses largement représentées à l'affleurement (HAI-2)

Comme précisé précédemment, les niveaux résistants identifiés par ERT (ERT-H2) peuvent correspondre à des colluvions (HAI-3) mélangeant le niveau HAL-1 démantelé et le niveau HAI-2. À l'est-sud-est, ce niveau HAI-2 n'est présent qu'en pied de versant. Dans le versant, il passe à un niveau résistant (HAI-6) dont la position et la géométrie sont compatibles avec le filon de pegmatite à quartz, feldspath et muscovite identifié sur le terrain.

Sous ces niveaux superficiels, deux horizons sont définis (HAI-4 et HAI-5). L'horizon HAI-4 correspond probablement aux isaltérites très argileuses à litages et schistosité hérités tandis que l'horizon HAI-5 correspond probablement à un horizon davantage sableux de type isaltérite. La base de cet horizon correspond très probablement à une arène sableuse. La limite entre les deux niveaux doit être comprise comme progressive.

⁵ une telle valeur est cohérente avec les nombreuses coupes géologiques réalisée sur le mont Babuel (Bourbon and Nachbaur, 2016) ; mont qui présente de fortes similitudes géologiques avec le mont Petit Matoury.



 Figure 28 - Tomographies géophysiques et coupe interprétative géologique réalisées pour le mont Petit Matoury. (a) tomographie MASW (inversion des modèles de vitesse des ondes S). (b) tomographie de réfraction des ondes P. (c) tomographie de résistivité électrique (ERT). (d) coupe interprétative géologique. Pour les figures a, b et c, les lignes discontinues noires représentent les limites supposées entre les différents horizons géophysiques. Pour la figure (d) elles représentent les limites interprétées des différents horizons d'altération de la roche.

4.3.3. Mont petit Matoury et Secteur d'entre Deux Coteaux (mont Grand Matoury)

La localisation du profil de tomographies géophysiques réalisé sur le mont Grand Matoury est présentée sur la Figure 29. Les résultats des tomographies sont quant à eux présentés sur la Figure 30.



Figure 29 - Localisation du profil de tomographie géophysique (entre les points verts) réalisé sur le mont Grand Matoury (secteur de l'Allée d'entre Deux Coteaux). Fond morphologique : LiDAR 50 cm (DGTM) traité par ombrage (azimut 315°, angle 45°). Légende géologique : cf. Figure 20.

La Figure 30 (a) présente les résultats d'inversion des données sismiques concernant les ondes S. Cette tomographie est comparable à celles réalisées sur le mont Petit Matoury. Ceci est cohérent avec les observations de terrain qui montraient déjà des similarités géologiques entre les deux sites. Cette figure montre une augmentation progressive des vitesses (Vs) avec la profondeur. Les valeurs minimums fournies sont de l'ordre de 200 m.s⁻¹ tandis que les valeurs maximums sont de l'ordre de 580 m.s⁻¹. Curieusement, la cuirasse ferrugineuse, pourtant largement visible sur le terrain, n'est pas imagée par cette méthode de tomographie géophysique. Quatre horizons peuvent être distingués ; ils sont caractérisés par les intervalles de vitesse suivants :

- MASW-H1 : ≈200 < Vs < ≈300 m.s⁻¹ ;
- MASW-H2 : ≈300 < Vs < ≈400 m.s⁻¹ ;
- MASW-H3 : ≈400 < Vs < ≈550 m.s⁻¹ ;
- MASW-H4 : ≈550 < Vs < ≈800 m.s⁻¹.

La Figure 30 (b) présente les résultats d'inversion des données sismiques concernant les ondes P. Trois horizons géophysiques peuvent être distingués. Les deux premiers niveaux (R-H1 et R-H2) présentent une limite relativement diffuse. La limite avec l'horizon (R-H3) est mieux individualisée (autour de 1 300 m.s⁻¹). Aucune corrélation avec les limites identifiées par MASW ne semble se dessiner.

La Figure 30 (c) présente les résultats de résistivité électrique. Cinq horizons se distinguent sur cette tomographie.

- le premier (ERT-H1) est un horizon très résistant. Il n'est imagé ni par les ondes S, ni par les ondes P. En amont de la pente, cet horizon apparait relativement épais (jusqu'à 6-7 m), tandis qu'en aval de la pente, sa puissance diminue progressivement pour atteindre environ 2 m. Un tel horizon correspond à la cuirasse ferrugineuse ;
- le deuxième (ERT-H2) ne s'observe qu'en amont de la pente, à partir de 110 m. Cet horizon est peu épais (4-5 m) et apparait plus conducteur que le précédent ;
- Le troisième (ERT-H3) ne s'observe qu'en aval de la pente, à partir de 110 m, ou il semble correspondre à la prolongation du niveau ERT-H2. En termes de résistivité, il est cependant beaucoup plus conducteur, ce qui suggère une forte teneur en eau ;
- le quatrième (ERT-H4) présente une gamme de résistivité comprise entre celles de ERT-H2 et ERT-H3. Un tel horizon est très compliqué à interpréter d'autant qu'entre 100 et 160 m, il semble se prolonger en profondeur. Une explication possible pour un tel niveau serait la présence d'une zone fortement fracturée plus riche en eau ;
- le cinquième horizon (ERT-H5) correspond à un horizon légèrement plus résistant que ERT-H4.

De même que pour les précédents monts, ces tomographies géophysiques permettent de proposer un modèle géologique de la zone d'étude. Ce modèle est présenté sur la Figure 30 (d). Tout comme précédemment, il semble que la tomographie MASW fournit des données représentatives des variations lithologiques en profondeur. Par ailleurs, un rapprochement entre les différents horizons géophysiques identifiés pour ce secteur avec ceux identifiés pour le secteur du mont Petit Matoury apparait pertinent.

Dans ce cadre, le socle fissuré (HR-1) serait atteint entre 35 et 40 m de profondeur. À noter que son toit pourrait présenter des variations d'altitude de plusieurs mètres. Au-dessus de cet horizon fissuré, le profil d'altération serait constitué de quatre niveaux (HAI-4, HAI-3, HAI-2 et HAI-1). Par analogie avec les interprétations faites sur le mont Petit Matoury, le premier pourrait correspondre à des isaltérites sablo-argileuses, tandis que le second correspondrait à des isaltérites très argileuses. Le troisième niveau pourrait correspondre aux allotérites argilosableuses au-dessus desquelles se trouve la cuirasse ferrugineuse (HAI-1).

Comme cela a été précisé précédemment, les valeurs de résistivité des horizons géophysiques ERT-H3 et ERT-H4 indiquent probablement de fortes teneurs en eau. Concernant l'horizon ERT-H3, il est à noter que son extension dans le versant (10 à 100 m) coïncide relativement bien avec la partie amincie de la cuirasse latéritique. Dans ce cadre, il est tout à fait possible d'envisager un contraste de perméabilité, mais aussi de transmissivité entre la partie amont et la partie aval de la cuirasse. Un tel contraste pourrait tout à fait expliquer la différence de résistivité entre les horizons ERT-H3 et ERT-H2. De plus, il est possible que cette zone d'infiltration alimente le secteur interprété comme une zone de faille sur les données ERT.



 Figure 30 - Tomographies géophysiques et coupe géologique interprétative réalisées pour le mont Grand Matoury : (a) tomographie MASW (inversion des modèles de vitesse des ondes S) ; (b) tomographie de réfraction des ondes P ; (c) tomographie de résistivité électrique (ERT). (d) coupe géologique interprétative. Pour les figures a, b et c, les lignes discontinues noires représentent les limites supposées entre les différents horizons géophysiques. Pour la figure (d) elles représentent les limites interprétées des différents horizons d'altération de la roche.

5. Reconstruction topographique et modèle géologique avant glissement

Afin de modéliser et de caractériser au mieux les mécanismes de déclenchement des glissements de terrain sélectionnés dans le cadre de cette étude, les topographies avant glissement ont été reconstruites dans la mesure du possible.

5.1. MONT CABASSOU

Pour le glissement du mont Cabassou, les données géologiques, géographiques et hydrogéologiques disponibles dans la littérature (Geode, 2002; LBTPG, 2019) ont permis de construire 3 surfaces topographiques différentes :

- la paléotopographie du sol avant glissement (d'après les données de Geode (2002)) ;
- la topographie du toit du socle fissuré (d'après les données de Geode (2002)) ;
- la topographie du maximum du niveau piézométrique (d'après les données de Geode (2002), complétées par les données du LBTPG (2019)).

Les résultats pour la paléotopographie avant le glissement sont présentés sur la Figure 32. La Figure 32 (a) montre les données extraites du rapport d'expertise judiciaire (Geode, 2002). Le lecteur notera que les lignes les plus prononcées sur cette figure correspondent aux isolignes topographiques du toit du socle.

Les résultats pour la topographie du socle fissuré et pour celle de la surface piézométrique sont respectivement présentés sur la Figure 31 (a) et sur la Figure 31 (b). La Figure 31 (a) montre qu'au droit du glissement, le toit du socle fissuré s'approfondit fortement et forme une sorte de cuvette topographique. Cette cuvette pourrait correspondre à une zone de faille favorisant un approfondissement de l'altération. La Figure 31 (b) montre en revanche que la surface piézométrique est relativement plane, ce qui suggère que cette cuvette topographique du socle est, en saison des pluies, complètement remplie constituant une « bulle piézométrique ».

Ces différentes surfaces sont été rassemblées dans un modèle géologique 3D du secteur nord du mont (Figure 33). La Figure 33 (a) représente la topographie du secteur avant le glissement d'avril 2000. Cette figure montre très clairement que dans cette configuration, l'altitude maximum de la surface piézométrique est par endroit supérieur à celle de la surface topographique. En d'autres termes, l'aquifère est artésien. La Figure 33 (b) montre la topographie du glissement en 2014. Dans cette nouvelle configuration, on note que la surface piézométrique maximum n'est plus que localement au-dessus de la surface topographique. Dans les deux cas de figure, cela signifie que l'aquifère du socle est probablement semi-captif. De plus, la Figure 33 (a) montre aussi que le toit du socle fissuré affleurait par endroit, probablement du fait de l'exploitation en carrière qu'il y avait dans ce secteur.



Figure 31 - (a) Carte del'altitude (NGG) de la surface du toit du socle fissuré au droit du glissement de Cabassou. Cette carte a été obtenue par interpolation des isolignes de la surface du toit du socle obtenues par Géode (2002). (b) carte de l'altitude (NGG) de la surface piézométrique maximum au droit du glissement de Cabassou. Cette carte a été obtenue par interpolation des côtes piézométriques des différents levés effectués entre 2002 et 2019 (Géode (2002) LBTPG (2002).



 Figure 32 - Étapes de reconstruction et d'imagerie de la surface topographique avant le glissement de Cabassou. (a) géoréférencement de la carte topographique extraite de l'expertise judiciaire (Geode, 2002). (b) numérisation des isolignes topographiques. (c) conversion des isolignes topographiques numérisées en modèle numérique de terrain (MNT). (d) traitement par ombrage du MNT produit (azimut : 315° et angle 45°). Fond morphologique MNT LiDAR (DGTM) ombragé. Fond géologique d'après cette étude, légende en Figure 20.



Figure 33 - (a) Reconstitution de la topographie du mont Cabassou avant les glissements du 19 avril 2000. (b) Topographie du mont Cabssou issue des données LiDAR levées en 2014 par la DGTM.

5.2. MONT PETIT MATOURY ET SECTEUR D'ENTRE DEUX COTEAUX (MONT GRAND MATOURY)

Contrairement au mont Cabassou, il n'existe pas de données concernant la topographie avant le glissement visible dans ce secteur. La topographie initiale a donc été reconstituée en connectant manuellement les isolignes topographiques situées de part été d'autre du glissement. Les isolignes prises en référence sont celles issues des données LiDAR de 2014 (résolution 50 cm). Les résultats sont présentés sur la Figure 34. Ils doivent être pris avec la plus grande précaution. Néanmoins, ils montrent une morphologie légèrement incurvée assez comparable à celle des secteurs situés directement au sud-est.



Figure 34 - Reconstitution⁶ morphologique avant le glissement de grande ampleur situé à l'extrémité de l'allée d'entre deux Coteaux. Reconstitution manuelle à partir des isolignes topographique issues des données LiDAR de 2014.

⁶ Cette reconstitution est basée sur les lignes topographiques situées de part et d'autre du glissement. Ces lignes ont été raccordées manuellement, ce qui génère de très fortes incertitudes sur le résultat.
6. Modèles hydrogéotechniques proposés

Définir un modèle hydrogéotechnique en l'absence de données piézométriques et de traçage est une tache toujours délicate et impliquant des hypothèses extrêmement fortes. À ce titre, dans le cadre de cette étude, seul le secteur du glissement de Cabassou est caractérisé de cette manière. En effet, le niveau piézométrique maximum est très bien contraint par près de 20 années de suivi.

Le modèle proposé pour le glissement de Cabassou ci-après est donc relativement solide. Aussi, dans le cadre de cette étude, ce modèle a été considéré comme une référence, ce qui contraint fortement l'interprétation des autres secteurs.

Par ailleurs, les modèles proposés ci-après se basent sur un postulat fort qui stipule que dans des environnements d'altération stratiforme, les niveaux piézométriques suivent grossièrement la topographie. De plus, puisqu'il s'agit de modèles conceptuels réalisés dans l'objectif de modéliser des glissements de terrain, les niveaux représentés sont considérés à leur maximum.

En plus de ces postulats, ces différents modèles sont établis en considérant que les aquifères superficiels et les aquifères de socle fissuré ne sont pas comparables en termes de fonctionnement (i.e., recharge-vidange) dans le temps. Les aquifères perchés fonctionnant en cycle quotidien à hebdomadaire et les aquifères de socle fissuré fonctionnant en cycle mensuel à pluriannuel (comme l'attestent les chroniques piézométriques issues du forage du lac des Américains ; Figure 35).



Figure 35 - Chroniques piézométriques de la station de mesure Lac des Américains entre le 1^{er} janvier 2014 et le 31 janvier 2020.

6.1. MONT CABASSOU

6.1.1. Modèles hydrogéotechniques de part et autre du glissement

Le modèle hydrogéotechnique conceptuel pour le mont Cabassou est présenté sur la Figure 36. Pour contraindre ce modèle, le postulat de base est repris de l'expertise judiciaire avec laquelle s'accordent nos observations de terrain. L'aquifère principal est un aquifère semicaptif de socles fissurés. Cependant, sur la base des tomographies géophysiques réalisées dans le cadre de cette étude, un niveau intermédiaire entre le socle fissuré et les allotérites argilosableuses est inséré au modèle. Ce niveau est comparable à celui proposé par le

CEREMA dans son étude de 2016 (Berail, 2016). En termes de données géotechniques, les valeurs d'angle de frottement (ϕ '), de cohésion (C') et de masse volumique (γ) issue de l'expertise judiciaire (Geode, 2002) ont été utilisées. Les valeurs utilisées sont présentées sur la Figure 36. Pour l'horizon HAL-2, les valeurs sont issues des analyses des échantillons des forages SC2, SC3 et SC18 (cf. Figure 14). Pour l'horizon HAL-3, les valeurs utilisées sont celles du forage SC18. Il est à noter que le nombre d'échantillons analysés, en particulier pour HAL-3, ne permet pas d'assurer une représentativité géotechnique des altérites. Ce point avait déjà été souligné en 2002 par la société géode.

Concernant le niveau piézométrique, en l'absence de données issues de mesures *in situ*, il est difficile de proposer un niveau exact. L'hypothèse concernant ce niveau est donc très forte.

Pour le profil CAB4, la partie ouest de l'horizon ERT-H3 a été interprétée comme étant liée à une forte teneur en eau, augmentant ainsi la conductivité des horizons HR-1, HAL-3 et HAL-2. Ce niveau est représenté sur la Figure 36 par une ligne discontinue bleu clair. De plus, en amont du profil, les données ERT suggèrent aussi une forte teneur en eau dans les horizons HR-1, HAL-3 et HAL-2. La présence de ce niveau riche en eau est tout à fait compatible avec le caractère étanche du filon de dolérite situé immédiatement à l'ouest. Il est donc probable que les secteurs situés à l'ouest du filon (CAB4) et le secteur situé à l'est de ce même filon (CAB4 et CAB5) correspondent à de compartiments hydrogéologiques différents.

Pour le profil CAB5, le niveau piézométrique de la Figure 36 a été proposé sur la base de l'équation fournie par l'étude du CEREMA (Berail, 2016) et qui caractérise le profil du niveau piézométrique (y) en fonction de l'altitude (x). Cette équation est la suivante : y = 0.9088x - 1.8275. En effet, contenu de la localisation du profil CAB5 (200 m au sud de la zone de glissement) et d'une géologie comparable à la zone de glissement, il n'est pas irréaliste de proposer un niveau piézométrique comparable. Ce niveau est représenté sur la Figure 36 par une ligne discontinue bleu foncé.



Figure 36 - Modèle hydrogéotechnique du mont Cabassou proposé pour l'analyse de la stabilité des pentes en contexte géomorphologique comparable au glissement de terrain du 19 avril 2000.

6.1.2. Modèle hydrogéotechnique avant le glissement (MVT CAY171)

Dans le cadre de ce rapport intermédiaire, seul le premier glissement de Cabassou a fait l'objet d'un modèle hydrogéotechnique ; la topographie du secteur juste avant le second glissement n'étant pas connue. Ce modèle est présenté sur la Figure 37. Dans ce modèle, le toit du socle fissuré est issu de l'interpolation réalisée à partir des données de l'étude de Géode (2002). L'horizon HAL-3 est hypothétique et basé (i) sur la présence d'un horizon a priori comparable sur la tomographie de résistivité CAB5 (cf. Figure 27) et (ii) sur les interprétations de Berail, (2016). L'épaisseur de cet horizon est basée sur l'épaisseur proposée pour l'interprétation du profil électrique CAB5 (elle-même contrainte par l'épaisseur du niveau argilo-sableux du forage SC18). À noter aussi que selon la tomographie de résistivité électrique, cet horizon est plus épais dans les dépressions du toit du socle. Cette observation a aussi été prise en compte lors du tracé du toit de cet horizon.

Les valeurs de paramètres géotechniques attribués aux différents horizons sont les mêmes que celles des modèles proposés pour les profils CAB4 et CAB5.



Figure 37 - (a) Localisation du profil topographique utilisé pour établir la coupe hydrogéotechnique de la figure (b). Fond morphologique : LiDAR 50 cm acquis par la DGTM et MNT reconstitué dans le cadre de cette étude (cf. § 5.1). Les données de ces 2 MNT ont été traités par ombrage (azimut 315° et angle 45°). (b) modèle hydrogéotechnique du mont Cabassou proposé pour la modélisation du déclenchement du premier glissement de terrain du 19 avril 2000.

6.2. MONT PETIT MATOURY

Le modèle hydrogéotechnique pour le mont Petit Matoury a été obtenu en associant les données géotechniques issues de la bibliographie et le modèle hydrogéologique obtenu à partir des observations de terrain et des tomographies géophysiques.

Ce modèle conceptuel est présenté sur la Figure 38. Il considère la présence de 2 aquifères. Le premier est un aquifère superficiel qui correspond aux horizons HAI-3, HAL-2 et HAL-6. En termes de fonctionnement, comme cela a été précisé en préambule, il est considéré que cet aquifère réagit sur une période journalière à mensuelle, en relation direct avec la pluviométrie et donc en relation indirecte avec l'alternance saison sèche/saison des pluies. Ainsi, en saison sèche, cet aquifère peut être vide tandis qu'en saison des pluies, et particulièrement dans le cadre d'évènement exceptionnel, il peut être partiellement à totalement saturé. Au niveau du sondage R_1 (cf. Figure 38), le suivi piézométrique réalisé entre le 27 octobre 2011 et le 26 janvier 2012 n'a jamais rencontré de nappe, ce qui suggère qu'en fin de saison sèche, le niveau piézométrique de l'aquifère superficiel en sommet de mont est à plus de 10 m de profondeur. Par ailleurs, en saison des pluies, aucune source n'a été mise en évidence au niveau des talus situés en arrière des réservoirs. Ceci suggère que le niveau piézométrique maximum se trouve sous la plateforme des réservoirs. Le sondage réalisé à la tarière manuelle (TAL127; 15 mai 2019) au niveau du talus a permis d'identifier un niveau piézométrique à 2,40 m de profondeur.

Considérant ces contraintes, au droit des réservoirs, le niveau piézométrique de l'aquifère perché a été placé juste au-dessous de la plateforme portant les réservoirs.

Le niveau piézométrique de l'aquifère du socle fissuré est plus difficile à contraindre. En aval des pentes, les données géophysiques argumentent en faveur de matériaux riches en eau. Aussi, il est possible que ce niveau piézométrique soit confondu avec celui de l'aquifère superficiel. En amont le niveau piézométrique a été placé quelques mètres au-dessous du niveau de l'aquifère superficiel. Il s'agit là d'un postulat fort, mais qui semble réaliste au vu des connaissances hydrogéologiques des aquifères dans les profils d'altération stratiforme.



Figure 38 - Modèle hydrogéotechnique du mont Petit Matoury proposé pour l'analyse du glissement de lent affectant le versant est du mont Petit Matoury.

6.3. MONT GRAND MATOURY

6.3.1. Modèle hydrogéotechnique à l'ouest du glissement

Le modèle hydrogéotechnique pour ce secteur est présenté sur la Figure 39. Tout comme pour le mont Petit Matoury, ce modèle propose deux aquifères. L'aquifère superficiel correspond à l'horizon HAI-2. Le niveau piézométrique de cet aquifère est supposé subparallèle à la topographie et à quelques mètres sous la cuirasse. Une telle interprétation est cohérente avec l'observation sur le terrain de résurgences localisées à la limite entre la cuirasse et les allotérites argilo-sableuses. Une telle observation implique que cet aquifère peut être confiné sous la cuirasse.

L'aquifère du socle fissuré a été positionné sur la base des mêmes hypothèses que pour le mont Petit Matoury.



Figure 39 - Modèle hydrogéotechnique du mont Grand Matoury (secteur d'entre Deux Coteaux) proposé pour la modélisation de la stabilité à l'ouest du glissement. La ligne discontinue bleu clair représente le niveau piézométrique possible de l'aquifère de socle fissuré. La ligne discontinue bleu foncé représente le niveau piézométrique possible pour l'aquifère superficiel.

6.3.2. Modèle hydrogéotechnique avant glissement

Le modèle de hydrogéotechnique de ce glissement est présenté sur la Figure 40. Les différents horizons géologiques ont été adaptés à partir de la Figure 39 par transposition et simplification des limites. Une différence majeure a néanmoins été considérée. En effet, la carte géologique réalisée dans le cadre de cette étude (cf. § 4.1.2) suggère que le versant est du secteur étudié

est dépourvu de cuirasse latéritique. Aussi, contrairement au modèle présenté sur la Figure 39, cet horizon n'a pas été intégré au modèle de la Figure 40. En termes d'hydrogéologie, le modèle proposé est comparable au modèle présenté dans la partie précédente.



Figure 40 - (a) Localisation du profil topographique utilisé pour établir la coupe hydrogéotechnique de la figure (b). Fond morphologique : LiDAR 50 cm acquis par la DGTM et MNT reconstitué dans le cadre de cette étude (cf. § 5.2). Les données de ces 2 MNT ont été traités par ombrage (azimut 315° et angle 45°). (b) Modèle hydrogéotechnique pour la modélisation du déclenchement du glissement de l'allée d'entre Deux Coteaux proposé (âge inconnu). La ligne rouge représente la topographie actuelle du site. La ligne discontinue bleu clair représente le niveau piézométrique possible de l'aquifère du socle fissuré. La ligne discontinue bleu foncé représente le niveau piézométrique de l'aquifère superficiel.

7. Conclusions et discussion

Ce rapport présente les résultats des deux premières parties d'une étude qui vise à mieux caractériser les glissements de grande ampleur ainsi que leurs mécanismes de déclenchement sur la presqu'île de Cayenne en Guyane française.

Les résultats concernant l'analyse morphométrique des différents mouvements de grande ampleur (i.e., supérieurs à 5000 m3) connus sur ce territoire (une trentaine) ont montré qu'ils peuvent être scindés en 2 sous-catégories :

- la première concerne des mouvements dont le volume est compris entre 5 000 et 100 000 m³ (type 1). Ces mouvements présentent un angle d'énergie compris entre 15 et 30 degrés ;
- la deuxième concerne des mouvements dont le volume est supérieur à 100 000 m³ (type 2). Ces mouvements présentent un angle d'énergie compris entre 10 et 20 degrés.

Ces résultats doivent être confirmés et affinés par l'analyse d'un plus grand nombre d'occurrences, mais ils n'en sont pas moins prometteurs pour modéliser les distances de propagations de ce type de glissement et permettrons de réaliser la tâche 4 prévue dans le cadre de cette étude. En effet, le caractère asymptotique de l'équation reliant l'angle d'énergie et le volume conduit à conclure en première approche que dans le pire des scénarios (i.e., vol. \approx 1 000 000 m³), le point le plus éloigné impacté par le glissement se situe à une distance correspondant à un angle de 10° par rapport à la zone de départ. Un angle inférieur n'est cependant pas complètement à exclure.

Par ailleurs, cette première partie d'étude a permis – sur la base de données bibliographiques couplées à des cartographies, des observations fines de terrains et des tomographies sismiques et électriques – de proposer des modèles géologiques puis hydrogéotechniques de quatre glissements de grande ampleur considérés comme représentatifs des différentes catégories établies :

- glissements 1 (≈ 360 000 m³) de Cabassou (avril 2000 ; MVTCAY171) ;
- glissement lent affectant le versant est du mont Petit Matoury (MVTCAY200) ;
- glissement de l'allée d'entre Deux Coteaux (≈ 375 000 m³) situés au nord du mont Grand Matoury (MVTCAY150.

Pour le mont Petit Matoury et pour le secteur d'entre Deux Coteaux (mont Grand Matoury), les différents modèles hydrogéologiques proposés argumentent toujours en faveur de la présence : (i) d'un aquifère de socle fissuré qui est semi-captif (i.e, confiné sous les isaltérites argileuses) et (ii) d'un aquifère perchés dans les allotérites sablées argileuses. Pour le mont Cabassou, un seul aquifère, semi-captif, voire libre est défini.

Pour le mont Cabassou, l'importante quantité de données piézométriques et géotechniques disponible dans la littérature a permis de proposer 3 modèles hydrogéotechniques qui seront utilisés dans le cadre de la tâche 3. Pour les autres secteurs (allée d'entre Deux Coteaux et mont Petit Matoury), ces trois modèles ont servi de références et les modèles proposés apparaissent a priori plus réalistes.

D'un point de vue géologique, une différence majeure a été mise en évidence entre la géologie du mont Cabassou et celle des deux autres secteurs. En effet, il apparait que le profil d'altération (≈30-35 m) dans le secteur de Cabassou présente un horizon d'isaltérite de quelques mètres tout au plus. En revanche, dans le secteur de l'allée d'entre Deux Coteaux, le profil d'altération apparait plus puissant (≈40-45 m) et présente un horizon d'isaltérite bien

plus développé constitué d'une partie très argileuse et d'une partie probablement plus sableuse se rapprochant à sa base d'une arène. Cette différence est probablement à mettre en relation avec des variations lithologiques de la roche mère. Dans ce cadre, le mont Cabassou serait davantage constitué de roche massive peu déformée de type métatonalite, tandis que les deux autres secteurs seraient représentés par l'alternance de gneiss, d'amphibolite et de leptynite.

Par rapport au cahier des charges, les résultats obtenus dans le cadre de ces premières phases vont permettre la réalisation des modèles conceptuels de stabilité de pente ainsi que la cartographie de la susceptibilité à la rupture des glissements de terrain dans des secteurs limités (tâche 3) ainsi que la pré-analyse de propagation (tâche 4).

8. Bibliographie

- Aertgeerts, G., 2020. Les mouvements de terrain en Guyane : exemple de la presqu'île de Cayenne. Géologue n° 206 74–81.
- Aertgeerts, G., 2019. Diagnostic géologique des glissements de terrain survenus en mars 2019 dans les talus ouest du mont Baduel. Rapport d'expertise. Rapport BRGM/RP-68873-FR. 23 p., 18 ill., 4 ann.
- Aertgeerts, G., Brisset, N., 2017. Avis sur la stabilité des terrains sur une parcelle ayant fait l'objet de terrassement à Matoury. Rapport BRGM/RP-67272-FR. 22 p., 14 ill., 1 ann.
- Aertgeerts, G., Brisset, N., Joseph, B., 2018. Stabilité des réservoirs d'eau potable de la CACL : diagnostic géologique préliminaire. BRGM/RP-68108-FR, 49 p., 37 fig., 1 tabl.
- Aertgeerts, G., Joseph, B., 2017. Examen des différents types de mouvement de terrain et révision des cartes d'aléa sur le territoire de la presqu'île de Cayenne. Rapport final. BRGM/RP-67132-FR, 160p., 77 ill., 12 fig., 15 tabl., 1 CD.
- Aertgeerts, G., Vrignaud, O., Lhotelin, M., 2020. Observations hydrogéologiques et géomorphologiques de quelques monts de la presqu'île de Cayenne : identification et caractérisation des scénarios de mouvement de terrain possibles en cas d'évènements pluviométriques. Rapport final. BRGM/RP-70124-FR, 74 p.
- **Béchelen, L., Joseph, B**., 2016. Surveillance de l'état chimique des masses d'eau souterraine du district hydrographique de la Guyane au titre de la DCE Année 2016. Rapport final. BRGM/RP-66658-FR. 72 p., 22 ill., 3 ann.
- **Berail, F**., 2016. Glissement de Cabassou : expertise relative à l'aléa résiduel. Rapport Affaire C14RR0314.
- **Blott, S.J., Pye, K.**, 2012. Particle size scales and classification of sediment types based on particle size distributions: Review and recommended procedures. Sedimentology 59, 2071–2096. https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2012.01335.x
- Bourbon, P., Nachbaur, A., 2016. Étude de stabilité vis-à-vis des mouvements de terrain de grande ampleur du Mont Baduel à Cayenne. Rapport final. BRGM/RP-65987-FR, 67., 41 ill.
- Bousquet, E., Vrignaud, O., Lhotelin, M., 2020. Surveillance de l'état chimique des masses d'eau souterraine du district hydrographique de la Guyane au titre de la DCE Année 2019. Rapport final. BRGM/RP-70019-FR. 99 p., 22 ill., 5 ann.
- Cautru, J., Pointet, T., Langevin, C., Chalivat, P., Alamy, Z., Pasquet, R., 1993. Améangement de la région Guyane. Feuille Cayenne NO à 1/50 000. Rapport BRGM R37819, 11p., 4 fig., 8 tabl., 5 pl.
- **Choubert, B.**, 1956. Notice explicative, Carte géol. France (1/100 000), feuille de Cayenne (1197). Paris. Ministère de l'Industrie et du commerce. 23 p. Carte géologique par Choubert et al.
- **Colas, B., Faure, P., Rohmer, J.**, 2017. Valorisation des travaux réalisés dans le cadre du GT MEZAP (années 1). Rapport d'avancement. BRGM/RP-66589-FR, 62 p., 57 ill., 1 ann.

- **Corominas, J.**, 1996. The angle of reach as a mobility index for small and large landslides. Can. Geotech. J. 33, 260–271.
- **Dewandel, B., Parizot, M., Laporte, P., Joseph, B.**, 2009. Étude géologique et hydrogéologique de la Montagne du Mahury Commune de Rémire Montjoly (Guyane). Rapport BRGM/RP-57251-FR. 109 pages. 32 illustrations. 4 tableaux. 4 annexes.
- Egal, E., Milesi, J., Ledru, P., Cautru, J., Freyssinet, P., Thiéblemont, D., Vernhet, Y., Cocherie, A., Hottin, A., Tegyey, M., Vanderhaeghue, O., 1994. Ressources minérales et évolution lithostructurale de la Guyane - Carte thématique minière à 1/100 000. Feuille de Cayenne. Rapport BRGM R 38019, 59p., 11Fig., 3 annexes, 1 carte.
- **Geode**, 2002. Commune de Rémire Montjoly Glissement du mont Cabassou expertise judiciaire. Missions géotechniques G0 et G52, 33 p.
- **Grimaldi, C., Fritsch, E., Boulet, R.**, 1994. Composition chimique des eaux de nappe et evolution d'un materiau ferrallitique en presence du systeme muscovite-kaolinite-quartz. Comptes Rendus Acad. des Sci. Ser. II Sci. la Terre des Planetes 319, 1383–1389.
- Guzzetti, F., Ardizzone, F., Cardinali, M., Rossi, M., Valigi, D., 2009. Landslide volumes and landslide mobilization rates in Umbria, central Italy. Earth Planet. Sci. Lett. 279, 222–229. https://doi.org/10.1016/j.epsl.2009.01.005
- **IDM Guyane**, 2011. Construction de la nouvelle unité de traitement, de production et d'alimentation d'eau potable sur le fleuve Kourou. Réservoirs du mont Petit Matoury, commune de Matoury. Rapport IC11-127. 33p., 6 ann.
- **LBTPG**, 2019. Ginger LPTP G Dossier : A002.J0036 Suivi du Glissement de Cabassou Levés du 16 juillet 2019.
- Lhotelin, M., Joseph, B., 2019. Surveillance de l'état chimique des masses d'eau souterraine du district hydrographique de la Guyane au titre de la DCE Année 2018. Rapport final. BRGM/RP-98895-FR. 100 p., 24 ill., 5 ann.
- Lhotelin, M., Joseph, B., 2018. Surveillance de l'état chimique des masses d'eau souterraine du district hydrographique de la Guyane au titre de la DCE Année 2017. Rapport final. BRGM/RP-67815-FR. 99 p., 24 ill., 5 ann.
- Nguyen, D., Joseph, B., 2000. Plan de prévention des risques naturels de mouvements de terrain pour l'Ile-de-Cayenne Communes de Cayenne, Rémire-Montjoly, Matoury. Rp BRGM R 40811, 33p., 7 Tabl., 10fig., 9 pl., 1ann.
- Scheidegger, A.E., 1973. On the prediction of the reach and velocity of catastrophic landslides. Rock Mech. Felsmechanik Mécanique des Roches 5, 231–236. https://doi.org/10.1007/BF01301796
- Théveniaut, H., Mirlocca, J., 2003. Inventaire départemental des mouvements de terrain / Département de la Guyane Rapport d'avancement. Rapport BRGM/RP- 52407-FR.

Annexe 1 - Légende la carte géologique « thématique minière » Feuille de Cayenne (1197)



Annexe 2 - Légende la carte des formations superficielles, feuille de Cayenne nord-ouest (1197-NO)

	LEG	ENDE	
FORMATI	ONS SEDIMENTARES	2 - ALTERI	TES
Actuel et	récent.	a mariant	Altacites de porbes reistallines et celstallanhullianne
			Indi l'épannière
VAD	Remblai anthropique Xdl, Decharge d'ambres ménanitres des	-	Sabe ancieca
XUU	Maningouina et de Remine-Mont joly	DAU	Cubases at granalle interitious
			Andles addenes latert adent que
_			w.hur pusatore termite done
C D O	Condon de plage		
5200	Sabia moyen (0.15+1.5mm)propres		
		rtA.2	A hydromorphie Lemporaire
_	Mangrove de bord de mer		
and the second s	Foret galerie des sours d'eau		
VOH	Vase mole satures d'eas, à métière organique		
	Hydromorphie permanent.e - zone basse inonôée	SAH	A sydromerphie permanente or quasi permanente
	esenine o i an intrice de la induse		
lolocène			
rmation	DEMERARA probable	3 - 50CLE	SAN
a second second	Marais d'arrière cordon		Formations ou Proterozoique indifferencie
NON.	Formation des 'Terres Basses'	N DOWN	r libns de dolerite Larditectonique
MUN	A obbria whoklaus	HDO	D : Gaboro, dionites et granodionite du Makury
	Hydromorphie guosi-permanente		W : Migmatites
			0 : Orthogneliss
	Condon de plage		Ø : Granites et Pegmistites
S100	Seble mayan (0.2-2mmiorapre		D x Dolerite
SiOh	Description of the later of the		
	vepressive metorainee a nyoromorphie comparaine		
Distance			
opposition	COSWINE anabable		en pointement dans les altérites pu les forenstions sédimentaires
a sind side	Exemption des "Bornes antilitennies"		
	Sale Para tak Parto Concernation	Δ.	pointement non visité
Se0	maxelf & marbrures fervioliseuses renfals interface		- MARCATERINE (1997)
	euslouel'a s podzalist (NW de in feuller)	0	en boules résiduelles
	for fragment have been and the second	197	
_			
	A hydramorable Lemograine	E U MONS	Carrière au zone d'emprunt ei son r"
Sah	A hydromorphic temporaire zone & drainage insulfisant	E. A. MOS	Carriere su zone d'emprunt el son r*
Sah	A hydromorphie Lemporaire zone a drainage insuffisant	F ~ 100	Carrière au zone d'emprunt es son r ^e Point d'akservetian et son n ^e
Sah	A hydromorphie Lemporaire zone a drainage insuffisant	+ 184	Carrière au zons d'emprunt es son r ^a Paint d'akservetlian et son n ^a
Sah	A hydromorphie Lemporaire zone à d'alnege insul'lisant A hydromorphie quasi-permanente	17 23 17 105	Carrière au zonn d'emprunt ez son r ^a Point d'akservetilan et son n ^a Point d'akservetilan remarquable et son n ^a
Sah SaH	A hydromorphie Lemporaire zone à d'alnege insull'fisant A hydromorphie quasi-permanente	(^т с 168 • 18 12 13	Carrière au zons d'emprunt ez son s ^a Point d'akservation et son n ^e Point d'akservation remarquatie et son n ^e
Sah SaH	A hydromorphie Lemporaire zone a drainage insuffisant A hydromarphie quasi-permanente	1 10 1000	Carrière au zons d'emprunt es son r ^e Point d'akservation et son n ^e Point d'akservation remarquatie et son n ^e Santage es son indice Grafondeur tatule)
Sah SaH	A hydromorphie Lemporaire zone a drahage insuffisant A hydromorphie quasi-permanente Argiles "Coswine"	• 10 • 10 • 10 • 10 • 10	Carrière au zone d'emprunt es son r ^e Point d'akservation et son n ^e Point d'akservation remarquette et son n ^e Santage es son Indice (Profondeur tatule) Si-Niveau repère-ici le Socie Alteré es so profondeur
Sah SaH	A hydromorphie Lemporaire zone a drainage insulfilisant A hydromarphie quasi-permanente Argiles "Coswine" Argile grasse, gris-bleu très filinement sableuse	+ 20 +	Carrière au zone d'emprunt ei son r ^e Point d'akservation et son n ^e Point d'akservation remarquatie et son n ^e Santage ei son Indice (Profondeur totuike) Sil-Niveau repère-ici le Socie Alterèlei so profondeur
Sah SaH AzQ	A hydromorphie temporaire zone a drainage insulfisant A hydromorphie quasi-permanente Argiles "Coswine" Argile grasse, gris-bleu très finement sableuse a marbrunes ferrugineuses parfois indurées	· 54 • 54 12 23 • 20 • 20 • 20 • 20 • 20 • 20	Carrière au zons d'emprunt es son r ^e Point d'akservetion et son n ^e Point d'akservetion remarquable et son n ^e Sondage es son Indice (Prafondeur totuile) Sk-Niveau repère-ici le Socie Alteré es so profondeur Phato linéament
Sah SaH AsQ	A hydromorphie temporaire zone a drainage insulfisant A hydromorphie quasi-permanente Argiles "Coswine" Argile grasse, gris-bleu très filmement sableuse a marbrunes farrugineuses parfois indurées et sables films très argileux	· N · N 12 23 + Que V MAR	Carrière au zons d'emprunt es son r ^e Point d'akservation et son n ^e Point d'akservation remarquatie et son n ^e Sandage es son Indice (Prafondeur totuile) Sit=Niveau repère-ici le Socie Alteré es so profondeur Phato linéament - structure du socie
Sah SaH AsQ	A hydromorphie temporaire zone a drainage insulfilisant A hydromorphie quasi-permanante Argiles "Coswine" Argile grésse, gris-bleu très l'inemens sableuse a marbrunes l'errugineuse parfois indurées et sebles fins très argileux	· N · N · N · N · N · N · N · N	Carrière au zons d'emprunt es son r ^e Point d'akservation et son n ^e Point d'akservation remarquable et son n ^e Sandage es son indice (Prafondeur tatuile) Sil-Niveau repère-ici le Socie Alteré es so profondeur Phato linéament - ancien cordon de soble - structure du socie
Sah SaH As0 Ash	A hydromorphie temporaire zone a drainage insulfisant A hydromorphie quasi-permanante Argiles "Coswine" Argile gresse, gris-bleu très finement sableuse a marbrunes farrugineuses parfois indurées et sables fins très argileux A hydromorphie temporaire	· N · N 20 · N 20 · N 20 · N 20 · N 20 · N · N · N · N · N · N · N · N	Carrière au zons d'emprunt es son r ^e Point d'akservation et son n ^e Point d'akservation remarquatie et son n ^e Sansage es son indice (Prafondeur tatsie) SaleNiveau repère-Ici le Socie Alteré es so profondeur Phato linéament - ancien cordon de soble - structure du socie Plage en érosion
Sah SaH AsQ Ash	A hydromorphis temporaire zone a drainage insuffisant A hydromorphis quasi-permanante Argiles "Coswine" Argile grasse, gris-bleu très finement sableuse a marbrunes farrugineuses parfois indurées et sables fins très argileux A hydromorphie temporaire	· N · N 20 · N 20 · N 20 · N 20 · N 20 · N 20 · N 20 · N 20 · N · N · N · N · N · N · N · N	Carrière au zons d'emprunt es son r ^e Point d'akservation et son n ^e Point d'akservation remarquatie et son m Sansage es son indice (Prafondeur tatsie) SateNiveau repère-Ici le Socie Alteré es so profondeur Phato linéament - ancien cordon de soble - structure du socie Plage en érosion
Sah SaH As0 Ash	A hydromorphis temporaire zone a drainage insuffisant A hydromorphis quasi-permanante Argiles "Coswine" Argie gresse, gris-bleu très finement sableuse a marbrunes farrugineuses parfois indurées et sables fins très argileux A hydromorphie temporaire	• 58 • 58 • 27 • 28 • 28 • 28 • 28 • 28 • 28 • 28 • 28	Carrière au zons d'emprunt es son r ^e Point d'akservation et son n ^e Point d'akservation remarquetie et son m Sansage es son indice (Prafondeur tatsie) SateNiveau repère-Ici le Socie Alteré es so profondeur Phato linéament - ancien cordon de soble - structure du socie Piage en érosion Poilesoirs "Indiems"
Sah SaH As0 Ash	A hydromorphis temporaire zone a drainage insuffisant A hydromorphis quasi-permanante Argiles "Coswine" Argile grasse, gris-bisu très finement sabieuse a marbhumas farrugineuses parfois indurées et sabies fins très argileus A hydromorphie temporaire	· N · N · N · N · N · N · N · N	Carrière au zons d'emprunt es son r ^a Point d'akservation et son n ^a Point d'akservation remarquatie et son m Sansage es son indice (Prafondeur tatule) Sal-Niveau repère-lei le Socie Alteré es se profondeur Phato linéament - ancien cordon de soble - atructure du socie Plage en érosion Polesoirs "Indiens"

Annexe 3 - Tableau de coordonnées des points d'observation de l'étude (RGFG95-UTM22N)

	Affleurement							
Numéro_affleurement	Département	Commune	Lieu-dit	XUTM22N (m)	YUTM22N (m)	Date_observation		
TAL001	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355608	540765	29/04/2019		
TAL002	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355637	540802	29/04/2019		
TAL004	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355698	540775	29/04/2019		
TAL005	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355719	540778	29/04/2019		
TAL006	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355703	540811	29/04/2019		
TAL007	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355678	540853	29/04/2019		
TAL008	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355728	540882	29/04/2019		
TAL009	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355754	540902	29/04/2019		
TAL010	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355855	540968	29/04/2019		
TAL011	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355875	540983	29/04/2019		
TAL012	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355915	540968	29/04/2019		
TAL013	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355950	541001	29/04/2019		
TAL014	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355893	541134	29/04/2019		
TAL015	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355891	541129	29/04/2019		
TAL016	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355862	541129	29/04/2019		
TAL017	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355854	541134	29/04/2019		
TAL018	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355781	541110	29/04/2019		
TAL020	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355607	540904	29/04/2019		
TAL021	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355591	540916	29/04/2019		
TAL022	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355508	540923	29/04/2019		

TAL023	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355518	540903	29/04/2019
TAL024	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355474	540908	29/04/2019
TAL025	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355839	540494	29/04/2019
TAL026	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355825	540495	29/04/2019
TAL027	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355793	540505	29/04/2019
TAL030	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355525	541171	30/04/2019
TAL031	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355538	541192	30/04/2019
TAL032	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355543	541202	30/04/2019
TAL033	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355550	541215	30/04/2019
TAL034	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355579	541233	30/04/2019
TAL035	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355607	541243	30/04/2019
TAL036	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355631	541260	30/04/2019
TAL037	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355669	541217	30/04/2019
TAL038	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355696	541199	30/04/2019
TAL039	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355748	541198	30/04/2019
TAL040	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355510	541263	30/04/2019
TAL041	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355318	541236	30/04/2019
TAL042	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355134	541927	02/05/2019
TAL043	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355136	541776	02/05/2019
TAL044	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355245	541729	02/05/2019
TAL045	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355288	541707	02/05/2019
TAL046	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355373	541673	02/05/2019

TAL047	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355395	541678	02/05/2019
TAL048	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355173	540928	02/05/2019
TAL049	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355530	540976	02/05/2019
TAL050	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355684	540696	02/05/2019
TAL051	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355767	540696	02/05/2019
TAL052	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355847	540689	02/05/2019
TAL053	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355886	540759	02/05/2019
TAL054	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355830	540675	02/05/2019
TAL055	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356004	540318	02/05/2019
TAL056	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355990	540182	02/05/2019
TAL057	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356319	540469	02/05/2019
TAL058	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356268	540500	02/05/2019
TAL059	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356235	540546	02/05/2019
TAL060	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356127	540710	02/05/2019
TAL061	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356027	540649	02/05/2019
TAL062	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356047	540499	02/05/2019
TAL063	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356345	541213	03/05/2019
TAL064	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356340	541201	03/05/2019
TAL065	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356285	541207	03/05/2019
TAL066	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356284	541226	03/05/2019
TAL067	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356258	541244	03/05/2019
TAL068	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356186	541238	03/05/2019

TAL069	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356132	541212	03/05/2019
TAL070	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356119	541175	03/05/2019
TAL071	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356110	541123	03/05/2019
TAL072	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356074	541058	03/05/2019
TAL073	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356046	541026	03/05/2019
TAL074	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356034	541004	03/05/2019
TAL075	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356015	541006	03/05/2019
TAL076	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355994	541019	03/05/2019
TAL077	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355976	541127	03/05/2019
TAL078	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355991	541171	03/05/2019
TAL079	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355972	541291	03/05/2019
TAL080	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355904	541388	03/05/2019
TAL081	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355899	541406	03/05/2019
TAL082	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355892	541441	03/05/2019
TAL083	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355986	541423	03/05/2019
TAL084	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356011	541436	03/05/2019
TAL085	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356003	541363	03/05/2019
TAL086	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356030	541359	03/05/2019
TAL087	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356063	541360	03/05/2019
TAL088	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356081	541348	03/05/2019
TAL089	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356083	541365	06/05/2019
TAL090	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	356465	541288	06/05/2019

TAL091	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355764	540662	06/05/2019
TAL092	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355769	540665	06/05/2019
TAL093	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355768	540663	06/05/2019
TAL094	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355759	540681	06/05/2019
TAL096	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355493	540747	06/05/2019
TAL097	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355386	540779	06/05/2019
TAL098	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355750	540684	06/05/2019
TAL099	GUYANE	REMIRE- MONTJOLY	Mont Cabassou	355746	540688	06/05/2019
TAL100	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350344	541241	13/05/2019
TAL101	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350366	541280	13/05/2019
TAL102	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350441	541386	13/05/2019
TAL103	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350407	541420	13/05/2019
TAL104	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350382	541420	13/05/2019
TAL105	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350355	541419	13/05/2019
TAL106	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350328	541429	13/05/2019
TAL107	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350306	541430	13/05/2019
TAL108	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350278	541428	13/05/2019
TAL109	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350233	541356	13/05/2019
TAL110	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350250	541296	13/05/2019
TAL111	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350288	541290	13/05/2019
TAL112	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350317	541213	13/05/2019
TAL113	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350320	541190	13/05/2019

TAL114	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350014	541197	13/05/2019
TAL115	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350039	541187	13/05/2019
TAL116	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350085	541235	13/05/2019
TAL117	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350091	541257	13/05/2019
TAL118	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350282	541136	13/05/2019
TAL119	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350330	541128	13/05/2019
TAL120	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350333	541149	13/05/2019
TAL121	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350335	541156	13/05/2019
TAL122	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350328	541179	13/05/2019
TAL123	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350333	541222	13/05/2019
TAL124	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350341	541243	14/05/2019
TAL125	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350343	541249	14/05/2019
TAL126	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350343	541165	14/05/2019
TAL127	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350349	541272	14/05/2019
TAL128	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350284	541180	15/05/2019
TAL129	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350282	541188	15/05/2019
TAL130	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350268	541204	15/05/2019
TAL131	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350209	541244	15/05/2019
TAL132	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350022	541337	15/05/2019
TAL133	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350051	541453	15/05/2019
TAL134	GUYANE	MATOURY	Mont Petit Matoury	350141	541685	15/05/2019
TAL200	GUYANE	MATOURY	Impasse de la colline	349346	539283	02/12/2020

TAL201	GUYANE	MATOURY	Impasse de la colline	349295	539368	02/12/2020
TAL202	GUYANE	MATOURY	Impasse de la Colline	349285	539322	02/12/2020
TAL203	GUYANE	MATOURY	Impasse de la Colline	349286	539275	02/12/2020
TAL204	GUYANE	MATOURY	Impasse de la Colline	349342	539301	02/12/2020
TAL205	GUYANE	MATOURY	Impasse de la Colline	349144	539717	02/12/2020
TAL206	GUYANE	MATOURY	Allée d'entre Deux Coteaux	349268	539960	02/12/2020
TAL207	GUYANE	MATOURY	Allée d'entre Deux Coteaux	349395	539977	02/12/2020
TAL208	GUYANE	MATOURY	Allée d'entre Deux Coteaux	349516	539783	02/12/2020
TAL209	GUYANE	MATOURY	Allée d'entre Deux- Coteaux	349560	539710	02/12/2020
TAL210	GUYANE	MATOURY	Allée d'entre Deux Coteaux	349717	539305	02/12/2020
TAL211	GUYANE	MATOURY	Allée d'entre deux Coteaux	349913	539034	02/12/2020
TAL212	GUYANE	MATOURY	Allée du Grand Matoury	349303	538838	02/12/2020
TAL213	GUYANE	MATOURY	Allée du Grand Matoury	349263	539148	02/12/2020
TAL214				349267	539198	02/12/2020



Centre scientifique et technique 3, avenue Claude-Guillemin BP 36009 45060 – Orléans Cedex 2 – France Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr Direction régionale de Guyane Domaine de Suzini – Route de Montabo BP10552 97333 – Cayenne – France Tél. : 05 94 30 06 24