

RAPPORTS

Conseil général
de l'Environnement
et du Développement
durable

N°- 008932-01

juin 2013

Les risques de mouvements de terrain sur le site de Morne Calebasse à Fort-de-France (Martinique)

CONSEIL GÉNÉRAL
DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Rapport n° : 008932-01

**Les risques de mouvements de terrain sur le site
de Morne Calebasse à Fort-de-France (Martinique)**

établi par

Jean-Louis DURVILLE

Ingénieur général des ponts, des eaux et des forêts

Delphin RIVIÈRE

Ingénieur général des ponts, des eaux et des forêts

juin 2013

Fiche qualité

La mission du CGEDD qui a donné lieu à la rédaction du présent rapport a été conduite conformément au dispositif qualité du Conseil⁽¹⁾.

Rapport CGEDD n° 008932-01

Date du rapport : juin 2013

Titre : Les risques de mouvements de terrain sur le site de Morne Calebasse à Fort-de-France (Martinique)

Sous-titre du rapport :

Commanditaire(s) : Patricia Blanc, directrice générale de la prévention des risques

Date de la commande : 27 février 2013

Auteur(e)s du rapport (CGEDD) : J-L. Durville, D. Rivière

Coordonnateur : J-L. Durville

Superviseur : Patrice Parisé

Relecteur : Christian de Verclos

Nombre de pages du rapport (sans les annexes) : 29

(1) Guide méthodologique s'appliquant aux missions confiées au CGEDD

http://webissimo.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/007204-02_guide_methodologique_cgedd_2012_05_04_cle2e6cae.pdf

« Les rapporteurs attestent que l'impartialité d'aucun d'entre eux n'a été mise en cause par des intérêts particuliers ou par des éléments de ses activités passées ou présentes ».

Sommaire

Résumé.....	2
Liste des recommandations.....	3
Introduction.....	4
1. Présentation générale du phénomène et des mesures prises (avril 2013)....	5
1.1. Un contexte météorologique exceptionnel.....	7
1.2. Chronologie des événements de 2011.....	7
1.3. Conséquences du glissement.....	9
1.4. Les mesures prises par la commune vis-à-vis des habitants.....	10
1.5. Études techniques disponibles.....	12
1.6. Travaux de stabilisation entrepris au 28 avril 2013.....	12
2. Éléments techniques.....	14
2.1. Conditions géologiques.....	14
2.2. Analyse des événements de 2011 (cf. annexe 4).....	15
2.3. L'aléa de type glissement (cf. annexe 4).....	15
2.4. L'aléa de type coulée.....	16
2.5. Les techniques de stabilisation et leur dimensionnement (annexe 4).....	18
3. Éléments financiers.....	20
3.1. Le département.....	20
3.2. La commune.....	21
4. Révision du Plan de Prévention des Risques naturels (PPRN).....	24
4.1. Historique des PPRN en Martinique.....	24
4.2. Situation actuelle et perspectives.....	24
4.3. Cas de Fort-de-France.....	25
Conclusion.....	28
Annexes.....	30
1. Lettre de mission	31
2. Liste des personnes rencontrées.....	33
3. Principaux rapports consultés.....	34
4. Rapport géotechnique de Dominique Batista (CETE-Méditerranée).....	36
5. Glossaire des sigles et acronymes.....	58

Résumé

Le glissement de terrain de Morne Calebasse, survenu en mai 2011, suivi d'une coulée boueuse trois mois après, a affecté 2,4 hectares et causé des dommages importants à un lotissement, à ses maisons comme à ses réseaux. En outre, le maire a fait évacuer préventivement une cinquantaine de familles. La route départementale 48 a été également affectée et a dû être fermée.

La ville et le conseil général ont engagé de coûteux travaux de stabilisation, reposant sur des parois clouées, sur des terrassements et sur du drainage. Les collectivités locales demandent à l'État une contribution financière importante.

Les deux premières phases des travaux prévus par les collectivités sont aujourd'hui très largement engagés. Pour ce qui est de la dernière phase de travaux, non encore finalisée, la mission recommande que des solutions alternatives soient étudiées, en mettant l'accent sur le drainage plutôt que sur des mouvements de terre considérables. Pour optimiser et fiabiliser les solutions adoptées, une étude hydrogéologique approfondie doit être réalisée et le suivi inclinométrique doit être renforcé.

Compte tenu de la sensibilité du site, et pour assurer la pérennité des ouvrages réalisés, il devrait être établi une convention entre le Département et la Ville pour le suivi et l'entretien du versant et des dispositifs de stabilisation.

S'agissant du risque de coulée de boue, clairement surévalué, la mise en place dès maintenant d'une barrière de protection, permettant de réduire à très court terme la zone d'évacuation, est suggérée. Ce type d'écran pourrait aussi être envisagé pour le long terme.

La mission confirme la nécessité des acquisitions proposées par la Ville (constructions détruites par le glissement ou très menacées) et propose d'y ajouter une parcelle.

Un secteur habité est, pendant la phase de travaux, mis en vigilance par la mairie de Fort-de-France et donc sous le coup d'une possible évacuation en cas d'alerte. Dans une perspective de traçabilité et de sécurité juridique, la mission recommande que soient formalisés les critères d'évacuation et le processus de décision.

La mission donne une ligne de conduite pour évaluer la part de financement FPRNM éligible dans les dépenses du Conseil général. En ce qui concerne les travaux à la charge de la Ville, la mission recommande de financer les parts prévues dans les phases 1 et 2 de travaux, mais de conditionner les subventions de la phase 3 à une optimisation technique et économique, en fonction des recommandations techniques faites dans le rapport.

La révision des PPR, actuellement à l'enquête publique, doit être menée à son terme. Le secteur mobilisé dans le glissement doit être rendu inconstructible. Des prescriptions plus vigoureuses pourraient être insérées dans le règlement sur la maîtrise des eaux canalisées ou de surface, et sur l'entretien des dispositifs correspondants. Dans une perspective de révision sur le fond des PPR de la Martinique, la mission suggère de favoriser une action de recherche sur les glissements dans le pays de Fort-de-France, associant l'université, le BRGM et les CETE, et traitant des aspects géologiques, hydrogéologiques et géotechniques.

Liste des recommandations

Pages

Pour optimiser et fiabiliser les solutions de confortement, réaliser une étude hydrogéologique approfondie.	18
Pour ce qui est de la troisième phase de travaux, non encore finalisée, étudier des solutions alternatives, en mettant l'accent sur le drainage plutôt que sur des mouvements de terre considérables. Réaliser une optimisation technique et économique du projet.	18
Établir entre le Département et la Ville une convention réglant le partage des tâches de suivi et d'entretien du versant et des dispositifs de stabilisation.	19
S'agissant du risque de coulée de boue, clairement surévalué, étudier la mise en place dès maintenant d'une barrière de protection, permettant de réduire à très court terme la superficie de la zone d'évacuation. Ce type d'ouvrage pourrait aussi être envisagé pour le long terme, par exemple sous forme d'un écran en paroi berlinoise.	19
Procéder aux acquisitions de parcelles proposées par la Ville en y ajoutant la parcelle n°548.	16
Dans une perspective de traçabilité et de sécurité juridique, s'assurer que les critères d'évacuation et le processus de décision dans la zone actuellement occupée par les habitants, dite de vigilance étendue, sont formalisés.	11
Évaluer la part de financement FPRNM éligible dans les dépenses du Conseil général, excluant les travaux ayant pour seul objet le rétablissement de la circulation.	21
En ce qui concerne les travaux à la charge de la Ville, financer les parts prévues dans les phases 1 et 2 de travaux, mais conditionner les subventions de la phase 3 à une optimisation technique et économique du projet.	23
Mener à son terme la révision des PPR, qui est aujourd'hui à l'enquête publique. Insérer des prescriptions plus vigoureuses dans le règlement sur la maîtrise des eaux de surface et canalisées, et sur l'entretien des équipements correspondants.	27
Dans une perspective de révision de fond des PPR de la Martinique, favoriser une action de recherche sur les glissements dans le département, associant l'université, le BRGM et les CETE, et traitant des aspects géologiques, hydrogéologiques et géotechniques.	27

Introduction

En mai puis août 2011, deux événements pluvieux importants, dont la tempête tropicale Émily, ont conduit à un glissement de terrain de grande ampleur dans une zone urbanisée, lieu-dit Morne Calebasse, de la commune de Fort-de-France.

Le conseil général de la Martinique, concerné par la route départementale 48, et la commune de Fort-de-France ont dû prendre sur le champ des mesures conservatoires, fermeture de la route, évacuation de 75 habitations et deux établissements recevant du public, puis débiter les premiers travaux de drainage et de confortement.

La commune, fortement endettée, a sollicité auprès de l'État une aide financière sur le fonds de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM) au titre des études et travaux de prévention menés par les collectivités locales dans le cadre de la circulaire du 23 avril 2007. La directrice générale de la prévention et des risques, dans un courrier du 27 février 2013, a sollicité une expertise du CGEDD, pour produire un avis technique portant sur le périmètre de la zone à risque, sur l'évaluation du risque après les travaux projetés et sur la définition des travaux ou études supplémentaires éventuels, ainsi que sur la révision éventuelle de la carte d'aléa mouvement de terrain du PPRN de Fort-de-France.

Par une note du 22 mars 2013, le vice-président du CGEDD a confié la mission à Jean-Louis Durville et Delphin Rivière, ingénieurs généraux des ponts, des eaux et des forêts. Ceux-ci ont sollicité l'appui d'un expert du CETE-Méditerranée, Dominique Batista, membre du pôle de compétence et d'innovation (PCI) « Vulnérabilité des aménagements à l'aléa mouvements de terrain ». La mission s'est rendue sur place les 22-23-24 avril où elle a rencontré l'ensemble des acteurs locaux concernés par le problème : préfecture, DEAL, conseil général et commune de Fort-de-France, ainsi que les bureaux d'études et le BRGM. La mission remercie tous ceux qui l'ont accueillie et lui ont fourni de nombreux documents.

1. Présentation générale du phénomène et des mesures prises (avril 2013)

Le glissement dit de Morne Calebasse se situe sur la commune de Fort-de-France, dans un quartier du nord-est de la ville (figure 1).

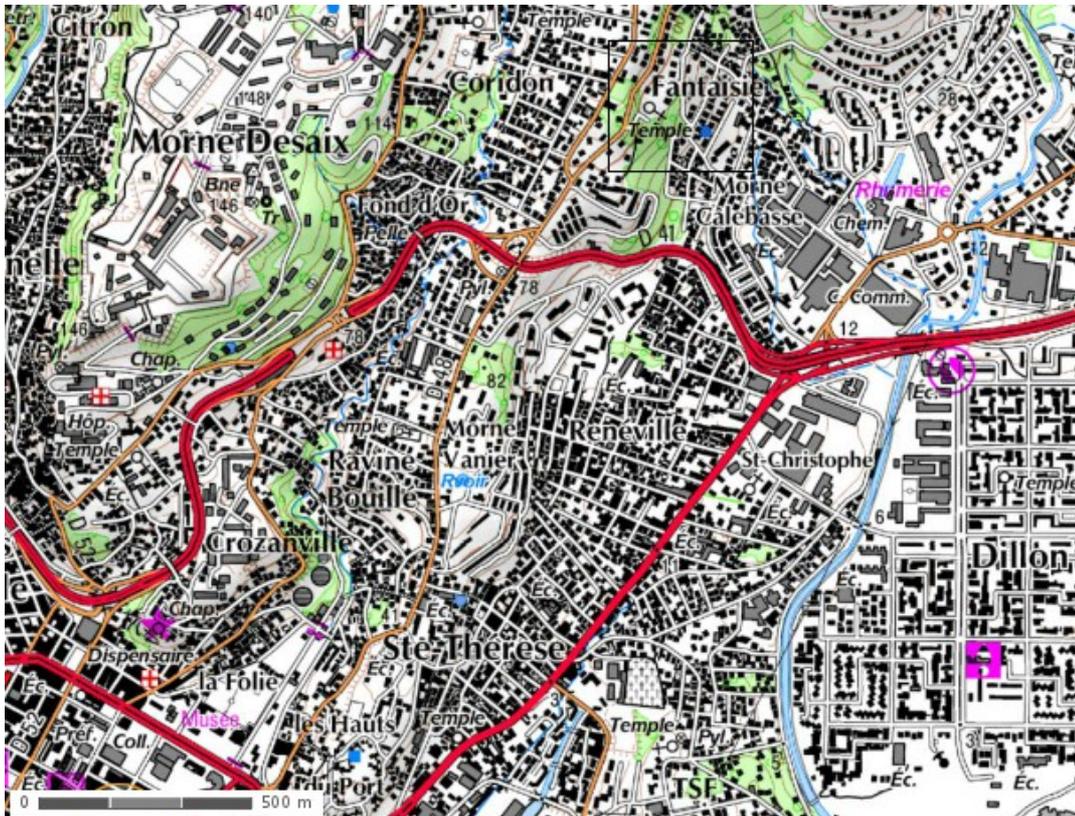


Figure 1. Localisation du secteur de Morne Calebasse Fantaisie dans Fort-de-France. La préfecture est dans le coin sud-ouest (source : Géoportail)

Le secteur FANTAISIE – MOUTTE – MORNE CALEBASSE était en 1955 un versant vierge de toute construction (figure 2), s'étalant entre les cotes 30 m et 125 m environ. Il constitue aujourd'hui une zone d'urbanisation dense de Fort-de-France (figure 3).

La zone concernée par le glissement de terrain, d'une superficie de près de 2,5 hectares, s'étend à l'est de la Route départementale n°48 dite Route de Moutte, à l'amont, sur certaines parcelles des terrains « Fantaisie » et une partie du lotissement « La Charmette ». Ce lotissement de 39 lots, dont 36 lots à bâtir, a fait l'objet du permis de lotir LT 972209 86 BT 001 n°335 du 09 octobre 1986.

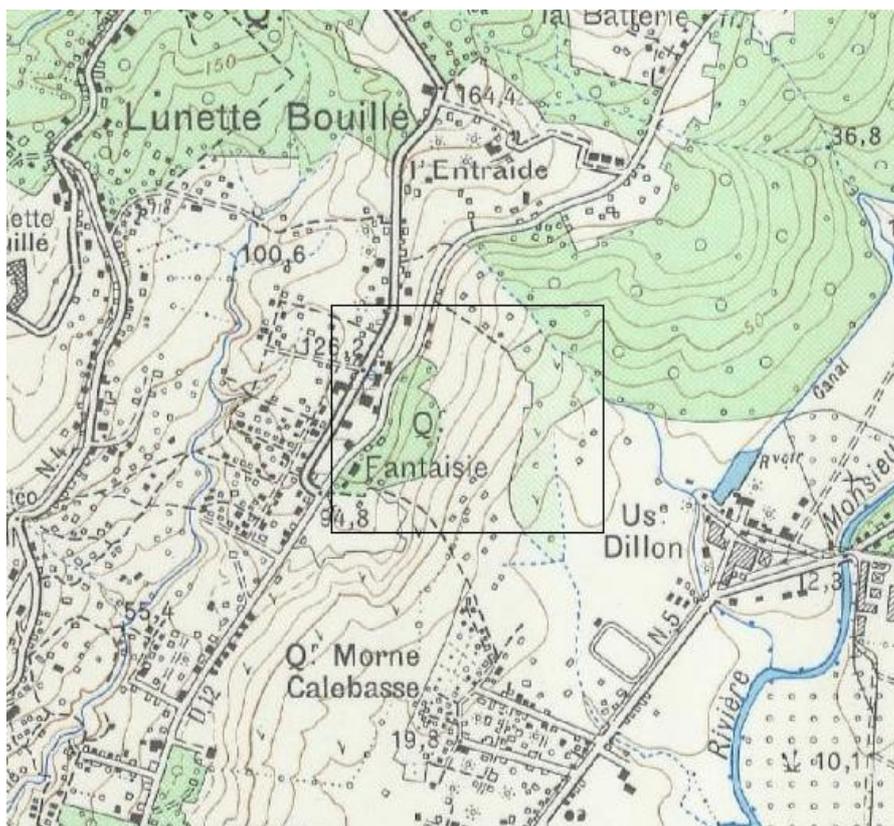


Figure 2. Carte IGN de 1955 (extrait fourni par le Conseil général). Le secteur du glissement, dénommé ici Quartier Fantaisie, est indiqué par un rectangle dont le grand côté fait environ 500 m.

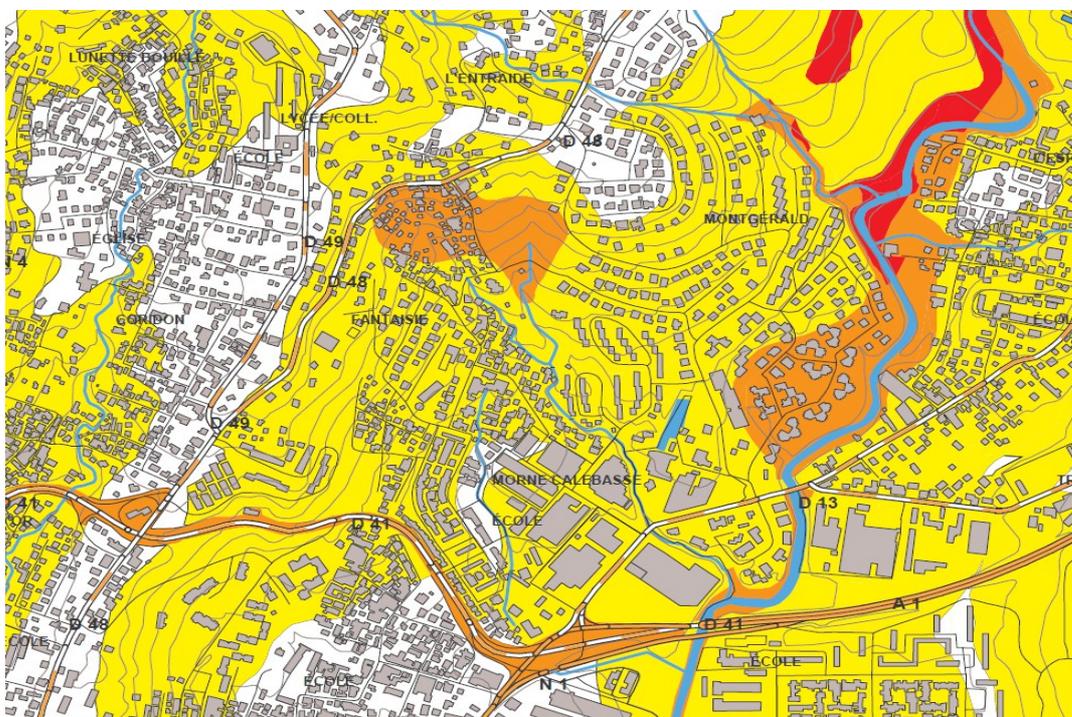


Figure 3 : Extrait du PPR (2004). Le Quartier Fantaisie est largement construit à cette époque.

1.1. Un contexte météorologique exceptionnel

L'année 2011 a connu une saison sèche (dite de « Carême ») anormalement humide : les journées pluvieuses, du 23 avril au 2 mai 2011, qui ont précédé le glissement de terrain présentent un caractère exceptionnel à Fort-de France : le cumul en 10 jours (340,1 mm) dépasse le quantile décennal de référence.

Les 27 et 28 avril, les quantités de pluie en 48 heures sont supérieures aux valeurs décennales.

Si l'on considère uniquement les précipitations d'un mois d'avril, il n'est arrivé que deux fois en 78 ans de mesure de recueillir autant de pluie à Fort-de-France : 383,7 mm en 2011 et 384 mm en 1981.

Le cumul des pluies sur les 12 précédents mois (mai 2010 à avril 2011) constitue un record absolu pour la station de Fort-de-France depuis son ouverture : 2797 mm d'eau, soit 38 % de plus que la quantité normale d'une année.

1.2. Chronologie des événements de 2011

2 mai 2011

Les habitants des quartiers Moutte, Fantaisie et du lotissement « La Charmette » à Morne Calebasse, découvrent avec stupéfaction les signes visibles d'un mouvement de terrain d'ampleur. La Ville est informée et mobilise ses services techniques sur le terrain. Les premières investigations mettent en évidence plusieurs fissures dans certaines habitations.

5 mai 2011

Un compte-rendu d'intervention sur site réalisé par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) conclut à la réalité d'un glissement de terrain d'ensemble dont l'évolution est rapide.

Le maire et les services de la Ville rencontrent les familles sur le site. Il leur est recommandé de ne pas dormir sur le site le soir.

La Ville procède immédiatement au suivi de l'évolution des fissures par ses services. Elle mandate un cabinet de géotechniciens (IMSRN : Ingénierie des Mouvements de Sol et des Risques Naturels) chargé d'étudier le phénomène.

6 mai 2011

À 10 heures, une réunion de crise en mairie rassemble le Conseil général, le BRGM, Météo-France, la DEAL, IMSRN, SIDPC. La gravité de la situation est confirmée.

L'après-midi, le maire rencontre les familles sur le site et tient une conférence de presse en mairie.

Un diagnostic géotechnique est établi par le cabinet IMSRN.

Les 14 premiers arrêtés d'interdiction d'habiter sont signés.

7 mai 2011

Les opérations de déménagement des familles s'accélèrent.

Le glissement s'étend vers le nord et le maire décide de prendre des interdictions d'habiter pour 3 logements supplémentaires, portant le nombre de familles concernées à 17.

Plusieurs autorités (président de la Région Martinique, élus municipaux, ...) se rendent sur le site et rencontrent les familles.

8 mai 2011

Un effondrement du talus surplombant l'Allée des Manguiers se produit, obstruant cette unique voie d'accès à la partie haute du lotissement. La Ville doit aménager un chemin piétonnier afin de désenclaver cette zone, de permettre la poursuite des opérations de déménagement et de permettre aux familles de continuer à vivre malgré l'inaccessibilité aux véhicules et aux services publics (nettoyement, courrier, etc.) et les perturbations dans la fourniture d'eau, d'électricité, de l'assainissement. La circulation est interdite sur la portion concernée de la RD 48.

9 mai 2011

La Commission Communale de Sécurité procède à une visite du temple évangéliste et émet un avis défavorable à tout accueil du public compte tenu du danger ; une expertise technique conclut à la nécessité de démolir cet édifice compte tenu des désordres structurels qui l'affectent.

10 mai 2011

Le maire procède par arrêté municipal à la fermeture administrative dudit Temple.

11 juillet 2011

Après avis du cabinet de géotechniciens IMSRN, compte tenu du contexte climatique (saison cyclonique) et de l'annonce d'épisodes pluvieux significatifs, le maire décide de prononcer l'interdiction d'habiter pour 3 constructions supplémentaires, soient 7 familles supplémentaires.

2 août 2011

Le passage de la Tempête tropicale EMILY à proximité de la Martinique est à l'origine de pluies exceptionnelles qui provoquent une coulée de boue à Morne Calebasse (ainsi que des inondations au quartier Volga Plage et dans le Centre-ville).

Une maison est détruite par la coulée, plusieurs véhicules sont emportés (figure 4). 55 habitations supplémentaires sont frappées d'interdiction d'habiter, portant leur nombre à 75, dont 18 villas affectées sévèrement par des désordres.

Un établissement recevant du public supplémentaire (MGEN) est frappé de fermeture administrative.



Figure 4. Véhicules entraînés par la coulée de boue du 2 août 2011

1.3. Conséquences du glissement

Le glissement a provoqué des désordres très nombreux sur l'ensemble des parcelles concernées (affaissements, fissures, rejets centimétriques à pluri-décimétriques, etc.). Les constructions qui y sont implantées ont subi d'importants dommages, entraînant la ruine de certaines d'entre elles, de même que les voies d'accès aux habitations ainsi que la RD 48.

Les réseaux d'eaux pluviales, d'eau potable, d'électricité et d'assainissement du lotissement sont fortement endommagés et ont dû être déconnectés par les différents concessionnaires. L'ensemble de la zone concernée par le glissement de terrain est aujourd'hui privée d'eau, d'électricité, de téléphone.

La RD 48 est affectée d'importants désordres (effondrement partiel de la chaussée) qui ont conduit à l'interdiction de toute circulation de véhicules et de piétons sur la portion concernée par arrêté municipal du 07 mai 2011.

Cette mesure est toujours en vigueur et a entraîné :

- L'allongement du trajet habituel des riverains,
- La modification de la desserte de la zone par le service public de transport (certains arrêts de bus ne sont plus desservis),
- Une saturation des voies de délestage, notamment aux heures de pointe,
- Une modification des conditions de réalisation du ramassage des ordures ménagères dans les quartiers MOUTTE, MONTGERALD.

La RD 48 est un axe stratégique desservant une zone d'urbanisation dense comportant plusieurs établissements scolaires et établissements publics. L'impact du glissement de terrain sur les habitants de ce secteur est important et durable.

1.4. Les mesures prises par la commune vis-à-vis des habitants

14 villas directement affectées par les désordres sont frappées d'interdiction définitive, 79 familles dans la zone à risques sont évacuées.

45 familles sont reçues et accompagnées par les services sociaux de la Ville, soient 120 personnes ; un hébergement provisoire est mis en place pour les familles ne disposant pas de solution alternative. Une assistance dans le déménagement est mise en place, ainsi qu'une aide au relogement pour les familles.

La Ville apporte un appui dans les démarches administratives : suivi des situations particulières (surendettement, ...), interventions pour la suspension des abonnements d'eau et d'électricité, accompagnement dans les démarches d'indemnisation. Une écoute et une aide psychologique sont mises en place. Près de 50 personnes en bénéficieront. Six réunions publiques avec la population sont organisées à l'école élémentaire de Morne Calebasse ou en mairie.

Pour l'information des personnes, un dépliant est édité, explicitant le risque et indiquant la conduite à tenir en cas d'apparition de signes annonciateurs d'une extension du glissement de terrain ; les habitants sont notamment invités à signaler en mairie leurs éventuelles constatations.

En matière de sécurité publique, trois zones ont été définies.

a) La figure 5 présente le périmètre dans lequel l'**acquisition** des habitations, amiable ou par expropriation pour risque majeur (loi Barnier), est demandée. Il s'agit des parcelles situées dans l'emprise du glissement principal ou à sa bordure immédiate, ainsi que celles touchées par la coulée et par le petit glissement de 2012. Les parcelles bâties sont au nombre de 29. La mission considère que cette acquisition s'impose.



Figure 5. Parcelles proposées à l'acquisition (les sept parcelles de couleur vert pomme ont été ajoutées en 2012). Contour du glissement principal (tireté) en 2011.

b) En sus de la zone d'évacuation définitive, un périmètre d'**évacuation**, toujours en vigueur, a été défini. Il s'étend en particulier vers l'aval jusqu'aux rues Gilbert Édouard Edouarzi et Bois Brilé, en raison d'un risque de coulée. La Ville prévoit de rendre aux habitants cette extension une fois les travaux terminés et le versant stabilisé.

c) Enfin, un « périmètre de **vigilance** étendue » inclut des parcelles situées dans le secteur sud, dans lesquelles les habitants restent chez eux mais devraient évacuer en cas d'alerte. Le maire de Fort-de-France, autorité de police compétente, décide de cette évacuation, en fonction des précipitations et de l'observation de fissures dans le sol ou sur le bâti. Les services techniques municipaux et le cabinet IMSRN procèdent à un suivi régulier des fissures existant dans cette zone. Une convention spécifique a été passée avec Météo-France pour la prévision météorologique sur le secteur. **Dans une perspective de traçabilité et de sécurité juridique, la mission recommande que soient formalisés les critères d'évacuation et le processus de décision.**

1.5. Études techniques disponibles

Le BRGM a rédigé plusieurs comptes-rendus de visite dès les premiers jours du glissement, puis après la coulée du 2 août.

À la demande du Conseil général ou de la Ville, de nombreux rapports d'étude ont été ensuite consacrés à Morne Calebasse par différents bureaux d'étude, correspondant à plusieurs missions d'ingénierie géotechnique de la norme NF P 95-500 : G12, G2, G3, G5. La liste des rapports consultés est donnée en annexe 3.

On dispose aujourd'hui de nombreux sondages carottés ou destructifs, d'essais de laboratoire, d'essais *in situ* (pénétromètre dynamique, pressiomètre), de mesures inclinométriques et piézométriques en forage. On peut noter cependant que les essais simples d'identification des sols sont peu nombreux, que les mesures inclinométriques sont souvent de mauvaise qualité et que les mesures piézométriques sur tube ouvert ne permettent pas en général de détecter s'il y a plusieurs nappes.

Les premières études du glissement du 2 mai aboutissaient à des évaluations de caractéristiques mécaniques étonnamment variables suivant les bureaux d'étude et à des modèles géotechniques incohérents entre eux. Puis des réunions ont permis d'aboutir à un « consensus », explicité dans une note géotechnique co-signée IMSRN/GEODE du 4 avril 2012.

Diverses mesures ont permis de quantifier les mouvements et les désordres sur constructions : topographie sur des repères, inclinométrie, ouverture de fissures.

1.6. Travaux de stabilisation entrepris au 28 avril 2013

Ils sont réalisés par deux maîtres d'ouvrage, le Conseil général et la Ville. La préoccupation du premier est le rétablissement de la circulation sur la RD 48, celle du second est de sécuriser les habitations à l'aval et de préserver la vie du quartier. La coexistence de deux maîtres d'ouvrage aux préoccupations différentes, pour un chantier qui de fait est unique, n'a pas été un facteur de simplification et d'optimisation.

Il est apparu à la mission que le Conseil général disposait en propre des compétences techniques lui permettant de piloter un tel projet. La Ville en revanche paraît moins bien outillée ; elle a pris le cabinet IMSRN comme maître d'œuvre.. Les entreprises sont STS (Société Travaux Spéciaux), Bachy et le groupement CaraïbMoter / SMD.

Les ouvrages du Département sont réalisés par le groupement Can/Colas/Bachy.

Les travaux entrepris combinent différentes techniques :

- Drainage superficiel : canalisation des eaux de ruissellement, tranchées drainantes de 3,5 m de profondeur (août 2011) ;
- Drainage profond : drains sub-horizontaux (mai-juin 2012), drains par forage dirigé (juillet 2012 – janvier 2013) ;
- Terrassements (en cours) ;
- Murs ancrés (en cours) : celui du Conseil général, immédiatement sous la route, et six murs sous maîtrise d'ouvrage de la Ville (figure 6).

Le projet d'ensemble a évolué en 2012, suite en particulier à la régression amont survenue, qui a conduit notamment à allonger les clous, certains jusqu'à 30 m de long. Il n'était pas totalement défini, notamment pour ce qui est des terrassements, lors de la mission sur place, fin avril 2013.



Figure 6 : Le chantier fin avril 2013. De haut en bas et de gauche à droite : le mur amont de la RD 48, la RD 48, le mur aval « Conseil général », le mur « Ville » en cours de construction et les terrassements dans le corps du glissement.

2. Éléments techniques

Le secteur de Morne Calebasse a subi en 2011 des mouvements de terrain de deux types :

- *un glissement de grande ampleur, d'une superficie de 2,5 ha, d'épaisseur dépassant 10-12 m localement, pour un volume mobilisé estimé à environ 200 000 m³ ; ce glissement s'est développé à partir du 2 mai 2011 ;*
- *une coulée de boue et de blocs, déclenchée le 2 août 2011, d'un volume, estimé par la mission d'après les photographies disponibles, entre 5 000 et 10 000 m³.*

C'est vis-à-vis de ces deux types de phénomènes que le secteur doit être sécurisé. Tous deux sont destructeurs, et le second est particulièrement dangereux pour la vie humaine, compte tenu de sa soudaineté et de sa vitesse de propagation.

2.1. Conditions géologiques

La carte géologique BRGM (échelle 1 / 50 000), éditée en 1989, montre que le secteur est concerné par diverses formations volcaniques ou volcano-sédimentaires. Les deux formations présentes sur le site du glissement sont dénommées :

- Conglomérat fluviatile (⁶C) : Conglomérats grossiers d'origine fluviatile. Sont également classés dans cette rubrique « des dépôts boueux à blocs anguleux, peut-être d'anciens glissements de grande ampleur »¹, à l'est et au nord-est de Fort-de-France (ces faciès sont trop limités pour être individualisés sur la carte).
- Tuffites azoïques (¹tf) : Alternance de couches centimétriques de grès micro-conglomératiques et silts, altérés. Les pendages sont variables d'un secteur à l'autre.

La formation du conglomérat polygénique grossier (²⁻⁵C) affleure un peu plus au sud : c'est une formation de remaniement issue de formations volcaniques et présente dans des paléo-vallées. Sur le site, ce conglomérat pourrait s'intercaler entre les soffites et le conglomérat fluviatile.

Les sondages carottés réalisés après le glissement permettent d'affiner la connaissance, même si les descriptions sont souvent succinctes et si aucune étude minéralogique ou pétrographique n'a été réalisée. Au-dessus de la tuffeau, les terrains sont altérés, hétérogènes, très variables, allant des argiles aux conglomérats (avec quelques gros blocs dépassant le demi-mètre) ; ils semblent en majorité remaniés sur le versant, mis à part tout à fait à l'amont (RD 48 et au-dessus), et seraient donc assimilables à des colluvions ou des formations glissées. Une cartographie du toit de la tuffeau – ou de l'épaisseur des formations sus-jacentes – serait bienvenue.

La morphologie du versant avant le glissement de 2011, lisible sur le levé lidar (Litto-3D), est irrégulière et pourrait correspondre à des traces d'anciens glissements.

Les conditions hydrogéologiques, malgré un nombre important de données piézométriques, ne sont pas suffisamment bien cernées. Il apparaît même que les

¹ Il est surprenant de constater qu'aucun bureau d'étude n'a mentionné cette phrase de la notice de la carte géologique.

bureaux d'étude ont des avis divergents sur les écoulements souterrains. En sus des infiltrations dues aux précipitations sur le site, la mission considère comme très probable que des circulations d'eau se font en profondeur à travers un réseau de fissures et des niveaux perméables, à réaction parfois rapides aux pluies, localement et temporairement en charge sous des couches plus argileuses et donc plus imperméables. Par ailleurs, des sources thermales ont été exploitées il y a quelques décennies encore dans les environs, témoignant de venues d'eaux profondes.

2.2. Analyse des événements de 2011 (cf. annexe 4)

Une rétro-analyse des glissements survenus est indispensable pour caler les paramètres de sol, ce qui n'a pas été fait avec suffisamment de rigueur, ni sur le grand glissement de mai 2011, ni sur le glissement de l'Équerre de 2012. L'obtention de facteurs de sécurité initiaux inférieurs à 0,9, voire à 0,8 ou même à 0,7, ou au contraire voisins de 1,2, n'est pas satisfaisante et le calage des paramètres mécaniques s'en trouve faussé. Les ouvrages de stabilisation s'en trouvent, selon les cas, sur- ou sous-dimensionnés.

Une étude soignée du profil B, dans l'axe le plus actif du glissement, a été réalisée par le CETE-Méditerranée (annexe 4). Elle fournit des caractéristiques mécaniques pour les argiles d'altération ($c'=0$ et $j'=21^\circ$) qui diffèrent notablement de celles retenues par les bureaux d'étude.

2.3. L'aléa de type glissement (cf. annexe 4)

Le site de Morne Calebasse est un site dont la stabilité est précaire. Les données géologiques semblent bien indiquer que des glissements anciens se sont produits et ont remanié les terrains de surface. Plus près de nous, des désordres ponctuels ont affecté le site en 2006 et 2007 (cf. rapport IMSRN de juin 2011) ; l'absence de construction avant les années 50 (cf. figure 2) ne permet pas d'identifier et dater des instabilités plus anciennes.

Le glissement de 2011, décelé le 2 mai, a en quelques jours désorganisé de nombreuses parcelles. À noter une importante réactivation en mai 2012 (avec notamment régression amont) et, en août 2012, un petit glissement, d'une superficie d'environ 2400 m², survenu dans le secteur de la rue de l'Équerre. Ces crises sont en relation avec les périodes de fortes précipitations. Au total, certains points se sont déplacés de 3-4 m.

La limite amont du glissement principal a régressé plusieurs fois : d'abord située au pied de la RD 48, puis mordant sur la chaussée, et enfin marquée par des fissures à l'amont de la route, dans le terrain de la Marine Nationale. En 2012, la régression avec apparition de fissures à l'amont de la RD 48 avait conduit à renforcer le clouage.

Selon les calculs de stabilité, **de nouvelles régressions amont sont possibles** (cf. annexe 4). En l'absence de travaux de renforcement adaptés, elles pourraient atteindre la maison de la Marine nationale et il importe que le dimensionnement des parois clouées prenne en compte cette éventualité.

A l'aval, côté nord, si la limite du glissement semblait au départ suivre la rue des Manguiers, peu après les parcelles situées sur le côté aval de cette rue ont été atteintes. Quelques désordres affectant plusieurs maisons ou murs de soutènement

sur le côté amont de la rue du Bel Horizon ont été parfois interprétés comme marquant la limite aval du glissement principal ; il semble toutefois que ces désordres ne font pas partie intégrante du glissement de mai 2011 (certains semblent d'ailleurs avoir pré-existé) et sont assez superficiels. On ne constate d'ailleurs aucun mouvement dans les inclinomètres SC2, SC4 et SC5 (situés à la cote de la rue du Bel Horizon).

A l'aval, côté sud-est, le bourrelet passe sous la rue de l'Équerre.

Globalement, en l'absence de travaux de stabilisation, la masse glissée pourrait encore avancer de quelques mètres au cours des prochaines années, mais il y a une faible probabilité que le glissement s'agrandisse vers l'aval. Le bourrelet peut cependant être affecté par des ruptures secondaires ou des coulées boueuses.

La mission recommande de mener à bien l'acquisition des parcelles telle que présentée sur la figure 5. Une attitude prudente conduit à proposer l'acquisition également de la parcelle 548, proche du bourrelet et pratiquement dans l'axe principal du glissement. Dans l'état actuel des connaissances, il n'y a pas de raison de procéder à d'autres acquisitions (ou expropriations selon la loi « Barnier »), sachant cependant que tout le secteur est classé en zone d'aléa moyen dans le PPR.

2.4. L'aléa de type coulée

Le déclenchement d'une coulée est lié à la présence d'un matériau à matrice argileuse, pouvant contenir des éléments plus grossiers, auquel une importante quantité d'eau est ajoutée : le sol se comporte alors comme un fluide un peu visqueux. Un sol remanié et foisonné par un glissement est plus facilement mobilisable en coulée. La zone d'épandage de la coulée est d'autant plus vaste que le volume mobilisé est important, que le matériau est riche en eau et que la pente est forte.

Les conditions de formation d'une coulée étaient ainsi réunies en août 2011 : il s'agissait d'une partie de terrain, assez argileuse, remaniée par le glissement et c'était un secteur particulièrement humide (végétation hygrophile) ; on a observé des venues d'eau en tête de la coulée, juste après l'événement. Il est possible que de l'eau en charge ait été le déclencheur de cette coulée : une hypothèse plausible est que le glissement de mai avait perturbé des écoulements souterrains et provoqué une mise en charge locale aboutissant, lors des fortes précipitations d'Emily, à la coulée du 2 août.

La méconnaissance des conditions hydrauliques du sous-sol rend difficile la détection de zones où des arrivées d'eau souterraine importantes pourraient déclencher de nouvelles coulées. Il semble toutefois que le secteur nord soit moins concerné que le secteur du temple évangélique et de la coulée du 2 août, où des sources et des venues d'eau ont été signalées dans le passé.

Dans son compte-rendu de visite du 8 mai 2011, le BRGM a présenté une « cartographie approximative du glissement et une estimation approximative de sa propagation éventuelle » (figure 7) : une limite dite de référence et une limite étendue, qui représentent plutôt des limites atteintes par une coulée que par un glissement. Il était évidemment nécessaire de produire immédiatement une délimitation des zones à risque afin de prendre des mesures de sécurité, délimitation qui a d'ailleurs été reprise dans la note du BRGM du 3 août 2011, rédigée après la coulée. Notons que le BRGM insistait sur le caractère schématique de cette cartographie.

Il est regrettable qu'un travail plus approfondi n'ait pas été mené pour préciser cette cartographie, tenant compte des reconnaissances effectuées depuis, de sorte que les autorités n'ont aujourd'hui à leur disposition que ce seul document.

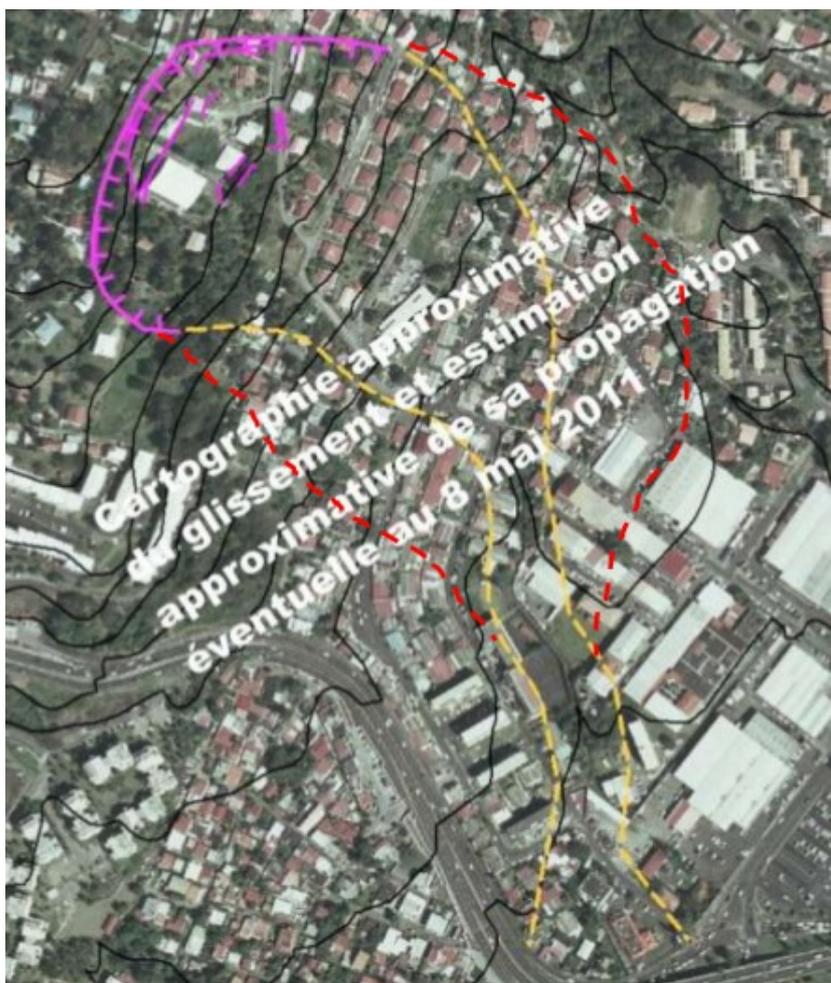


Figure 7. Carte d'extension possible des coulées (BRGM), reprise en août 2011

Les tracés d'extension aval qui sont fournis dans ce document (encore une fois, qualifié de provisoire par le BRGM) correspondent à des coulées fluides et de très grand volume (volume du même ordre de grandeur que celui du glissement du 2 mai, donc au moins vingt fois plus grand que celui de la coulée du 2 août). Il paraît difficile qu'une quantité d'eau suffisante soit disponible pour « liquéfier » un tel volume de sol.

En l'absence de données hydrogéologiques précises et fiables, l'hypothèse d'une coulée prenant naissance dans la masse glissée doit être prise en compte, mais le volume mobilisé ne dépasserait probablement pas une dizaine de milliers de m³, ce qui limiterait la propagation vers l'aval (la cote de la rue Gilbert Édouard Edouarzi pouvant *a priori* servir de limite d'extension aval). **Les limites présentées dans des scénarios extrêmes par la Ville (scénarios 2 et 3, notamment, avec un périmètre s'étendant à l'aval jusqu'à la rue de la Flûte des Mornes et au-delà de la rue Devard Ambroisine) ne sont pas réalistes.**

2.5. Les techniques de stabilisation et leur dimensionnement (annexe 4)

2.5.1. La stabilisation du glissement

Les solutions de stabilisation qui ont été choisies par les maîtres d'ouvrage font une large place aux soutènements ancrés en partie amont du glissement (43 km de clous au total) et au terrassement/reprofilage à grande échelle (environ 220 000 m³), ainsi qu'au drainage à faible profondeur. La solution d'un terrassement avec une pente finale de 11-13° est une solution extrême, insuffisamment étayée. D'autres solutions de stabilisation, en particulier du pied du glissement, n'ont pas été étudiées, alors que le glissement s'est probablement développé à partir de l'aval, par régressions successives.

Beaucoup de travaux sont déjà largement engagés (avril 2012), en particulier les murs ancrés, et il n'est pas question de revenir sur les options qui ont été prises.

Il est cependant difficile de valider totalement les dimensionnements réalisés par les bureaux d'étude. Le calage initial est imparfait, des approximations importantes sont faites, certaines hypothèses sont sans doute optimistes, d'autres pessimistes.

Pour ce qui est de la RD 48, les parois clouées, avec des clous de grande longueur, assurent une bonne stabilité à la plate-forme. Toutefois, cette stabilité pourrait être remise en cause si le drainage, obtenu par un réseau dense de drains et barbacanes, perdait son efficacité (colmatage...) et laissait la nappe remonter au-dessus d'une cote limite.

A l'aval, le risque d'extension du glissement est faible. Pour s'assurer complètement de la stabilité de ce secteur, **la mission recommande l'exécution de sondages inclinométriques complémentaires de contrôle** (l'annexe 4 propose l'implantation de trois forages).

En ce qui concerne le glissement principal, la mission suggère que le projet soit infléchi dans le sens du développement d'un drainage dans la partie aval du glissement, compte tenu du rôle majeur des pressions hydrauliques dans la déstabilisation. Un renforcement du drainage, par tranchées drainantes dans le sens de la pente par exemple, doit permettre aussi de limiter le volume de matériaux à purger qui posent un problème de transport (nuisances dues au passage de camions en zone urbanisée) et qui doivent trouver un lieu de dépôt adéquat. **Une optimisation entre terrassement et drainage doit être étudiée** et devrait permettre d'atteindre un degré de stabilité satisfaisant (cf. annexe 4).

La mission attire aussi l'attention sur le fait que la purge d'une grande épaisseur de terrain dans le glissement pourrait être défavorable à la stabilité en cas de sous-pressions venant du substratum de tuffite : la couverture argileuse restante serait plus facilement déstabilisée, son poids étant réduit. D'où la **nécessité d'une meilleure compréhension de l'hydrogéologie**.

La mission suggère que les bureaux d'étude amendent et complètent le projet dans le sens indiqué ci-dessus. La DEAL pourrait demander aux CETE, à travers le Pôle de compétence et d'innovation « Vulnérabilité aux mouvements de terrains », de donner un avis sur le projet final.

Enfin, rappelons que des parois clouées totalisant une vingtaine de mètres de hauteur sont des ouvrages sensibles, qui exigent un suivi topographique et surtout un entretien des dispositifs de drainage. Des mesures piézométriques, inclinométriques et des mesures de débit des drains doivent se poursuivre après achèvement des travaux. Une grande vigilance s'impose dans le contrôle d'étanchéité des réseaux d'eau pluviale et d'eau potable, de surface ou enterrés, dans un site qui peut encore subir quelques déformations et donc endommager ces réseaux.

La mission recommande qu'un protocole règle la façon dont les deux maîtres d'ouvrage organisent le suivi du versant et la maintenance des dispositifs de stabilisation. Un dossier unique d'ouvrage devrait être mis au point.

2.5.2. La prévention du risque de coulée

Comme il a été dit plus haut, la mission considère que le risque de coulée a été et est encore surévalué. Dans la situation actuelle, un écran d'environ 1,5 m de haut (gabions, enrochements, paroi berlinoise), le long de la rue du Calebassier, permettrait dès maintenant de protéger de ce type de risque les parcelles situées à l'aval et de libérer ainsi notamment le bâtiment de la MGEN.

Une fois l'ensemble des travaux réalisés, tels que prévus par la Ville (avril 2013), il est actuellement considéré que le risque de coulée boueuse sera revenu à un niveau acceptable – celui qui est de fait accepté dans les alentours (zone d'aléa moyen du PPR). Les habitants pourraient alors réintégrer leur logement.

Comme indiqué précédemment, la mission propose de repenser la troisième phase de travaux. Dans ce cadre, une des hypothèses serait de limiter fortement les terrassements. Si l'on considère qu'il subsisterait alors un risque de coulée de faible volume, une solution de protection par paroi berlinoise ou tout autre écran réalisé le long de la rue du Bel-Horizon est une option à étudier (annexe 4) ; le coût global de cette stratégie de protection serait sans doute moins élevé que le projet actuel. La question de l'expropriation de la parcelle 456 (située côté amont de la rue du Bel-Horizon), évoquée dans l'annexe 4, est liée à l'appréciation du risque résiduel après travaux.

3. Éléments financiers

Rappelons d'abord que deux Arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle ont été pris, l'un le 24 octobre 2011 (glissement) et l'autre le 12 décembre 2011 (coulée), ce qui permet d'indemniser les propriétaires pour ce qui est du bâti.

Pour ce qui est des dépenses des collectivités locales, la DEAL a fourni à la mission l'estimation suivante (avril 2013) :

		Total	FPRNM
Travaux	Ville ph. 1	1,4 M€	0,3 M€
	Ville ph. 2	9,8 M€	3,9 M€
	Ville ph. 3	8,1 M€	3,3 M€
	CG	3,4 M€	1,4 M€
Acquisitions	25 habitations	11 à 13 M€	7 à 9 M€
Totaux		20,2 à 22,2 M€	15,9 à 17,9 M€

Un scénario d'arrêt des travaux en cours conduirait au tableau suivant :

En l'absence de travaux FdF	Total	FPRNM
Ville ph. 1 (incontournable)	1,4 M€	0,3 M€
Acquisition de 75 habitations	> 26 M€	> 22 M€
Totaux	>27,4 M€	> 22,3 M€

Cette comparaison intègre la phase 3 des travaux prévus par la ville de Fort-de-France (voir *infra*). Selon la DEAL, cette phase 3 aurait peut-être pu être évitée si la phase 2 s'était terminée plus vite. En raison des difficultés financières de la ville et des retards dans l'attribution des subventions, cela n'a pas été possible.

Le chiffrage en cas d'absence de travaux ne tient pas compte des autres habitations situées en aval et qui n'ont pas été évacuées mais qui pourraient être menacées à chaque forte pluie comme le montre la cartographie de la propagation éventuelle due au BRGM en août 2011.

Les deux maîtres d'ouvrage ont fourni à la mission des chiffres légèrement différents, analysés ci-dessous.

3.1. Le département

La route départementale 48 est un axe important du département de Martinique, reliant le centre de Fort-de-France aux quartiers est de la ville. Pour permettre de rouvrir cette voie, et pour éviter que le glissement de terrain ne s'étende vers le nord, le conseil général a entrepris de réaliser des travaux de confortement, en étroite collaboration avec la ville de Fort-de-France, afin de reconstituer la chaussée : réalisation de parois cloutées en amont et en aval de la chaussée, afin de stabiliser le talus amont (la

chaussée a été décalée latéralement vers l'ouest), d'éviter la régression du glissement principal et de stabiliser la plate-forme routière.

L'estimation du projet fournie à la mission en avril 2013 par le conseil général s'élève au total à 4 004 000 € TTC. Les travaux contribuent non seulement au rétablissement de la chaussée mais aussi à la stabilisation générale du site et donc à la protection des habitations et des populations. Le conseil général estime que la reconstitution de la chaussée représente 545 000 € et que le complément, soit 3 459 000 €, couvre la stabilisation du glissement.

Il est en fait difficile de faire la part des choses. Le conseil général a considéré que les murs ancrés participaient à la stabilisation générale. En l'absence d'enjeux aval, le rétablissement de la route aurait nécessité un mur ancré amont et un mur ancré aval d'une dizaine de mètres de haut. Le coût du mur amont devrait donc être affecté au rétablissement de la route. En revanche, dans le projet actuel, compte tenu de la régression du glissement récente voire future, et compte tenu de la superposition des murs de la commune et du conseil général sur une hauteur totale d'une vingtaine de mètres, on peut considérer que l'ensemble de l'ouvrage est une composante du dispositif de stabilisation générale du site.

La mission recommande à la DEAL de définir très exactement, en s'appuyant sur les considérations ci-dessus, la part des travaux réalisés pour la protection des terrains amont et aval, des habitations et des populations, et d'en déduire la part de financement pouvant être affecté au FPRNM.

3.2. La commune

3.2.1. Conséquences du glissement de Morne Calebasse sur la situation financière de la ville de Fort-de-France

Depuis des années, la situation financière de Fort-de-France est tendue. Selon la DEAL, les efforts indispensables consentis pour redonner de l'attractivité à travers notamment le programme de rénovation urbaine (PDRU) de l'ANRU, ont fortement contraint le budget de la ville et ont eu des impacts sur celui de la SEMAFF, maître d'ouvrage délégué de certaines grosses opérations.

La ville a d'ambitieux projets d'aménagement et d'investissement, qui n'ont pas pour l'instant conduit à une augmentation des recettes communales, au contraire.

Tout d'abord, la ville fait face à une évolution de la démographie défavorable avec une population légale de 89 890 habitants en 2012, en diminution de 5 % par rapport à 1999 (rappel : 94 152 habitants), qui conditionne à la baisse la plupart des dotations de l'État, dont la DGF (dotation globale de fonctionnement).

Selon la DEAL, les déficits comptables cumulés sur les cinq derniers exercices rendent compte d'une moindre progression de l'ensemble des ressources de fonctionnement comparées aux dépenses. En 2011 et 2012, malgré l'effort pour un retour à l'équilibre des finances, cet effet de ciseaux conduit la ville à de grandes difficultés budgétaires, la rigidité de son budget liée notamment à l'évolution de la masse salariale étant très forte ; la baisse des produits de l'octroi de mer (OM) brutale en 2009, après la crise sociale du premier trimestre, n'a pas été rattrapée, avec pour conséquence d'accroître les contraintes sur le financement du cycle d'exploitation.

À cet imprévu s'est ajouté le glissement de terrain de Morne Calebasse dont l'ampleur et les conséquences en termes de préservation des personnes et des biens ont conduit la municipalité à engager des mesures d'urgence, dont la gestion de nombreux relogements, puis à entreprendre des travaux colossaux et très coûteux.

Déjà fortement endettée, la ville a dû faire des choix douloureux, car sa capacité de financement des investissements par des ressources propres est très faible. Ainsi un certain nombre d'opérations du FEDER et de l'ANRU ont été déprogrammées pour limiter le volume global d'investissement.

Par ailleurs, les tensions induites sur la trésorerie ont eu un effet domino à la fois sur les programmes engagés parallèlement sur le FEDER, le PNRU et l'opération RHI de Trénelles pour ne citer que les principaux.

Selon la DEAL, nombre de travaux sont réalisés mais non payés ou non remboursés à la SEMAFF. En conséquence, l'État (via le FEDER, l'ANRU ou la LBU) est dans l'incapacité de verser les acomptes ou les soldes de subvention à hauteur des réalisations. En cumulé, il s'agit de plusieurs millions d'euros. La SEMAFF est de ce fait dans une situation critique et nombre d'entreprises accumulent les créances. Certaines ont d'ores et déjà arrêté des chantiers.

La mairie rappelle que l'arrêt des travaux de Morne-Calebasse aurait pour conséquence de ne pas pouvoir achever les travaux avant la prochaine saison des pluies, avec le risque de la réactivation du glissement ou de son extension à de nouvelles zones.

3.2.2. Plan de financement des travaux

Le conseil municipal de Fort-de-France a approuvé le 29 septembre 2011 un plan de financement des actions d'accompagnement des familles, des études et des premiers travaux d'urgence, pour un montant de 1,4 M€ se répartissant ainsi :

Financement	Taux	Montant HT
FPRNM	20 %	280 000 €
Conseil régional	70 %	980 000 €
Ville de Fort-de-France	10 %	140 000 €
Total	100 %	1 400 000 €

Ces travaux ont reçu la contribution financière du FPRNM à hauteur de la somme demandée de 280 000 €.

Par ailleurs, pour les loyers des familles relogées, le FPRNM a délégué 400 000 €, dont 165 000 € étaient déjà mandatés en octobre 2012.

À la suite des études engagées, le financement des travaux de stabilisation, actuellement en cours d'exécution, est approuvé par le conseil municipal le 21 décembre 2011, pour un montant de 10 M€. Ces travaux comprennent des terrassements ainsi que la réalisation de parois clouées et de drains. Le plan de financement est le suivant :

Financement	Taux	Montant HT
FPRNM	40 %	4 000 000 €
Conseil régional	25 %	2 500 000 €

État FEI	15 %	1 500 000 €
Ville de Fort-de-France	20 %	2 000 000 €
Total	100 %	10 000 000,00 €

Début 2013, la nécessité d'une troisième tranche de travaux apparaît, suite aux nouveaux désordres de 2012 et à la reprise de certaines études. Pour cette troisième tranche, le conseil municipal propose le plan de financement suivant :

Financement	Taux	Montant HT
FEI ² – Plan de rattrapage des investissements outre-mer	59 %	3 359 158 €
Conseil régional	18 %	1 024 829 €
Ville de Fort-de-France	23 %	1 309 502 €
Total	100 %	5 693 489,00 €

À la lumière des éléments techniques présentés au § 2, il apparaît à la mission que le projet de troisième tranche actuellement prévu (avril 2013) doit être optimisé dans sa technique comme dans son coût, et son estimation doit donc être revue.

Compte tenu qu'une grande partie des travaux est déjà réalisée, la mission recommande à la DGPR d'assurer le financement des deux premières tranches sur le FNPRNM, pour un montant total de subvention de 4,28 M€ (dont une part est déjà engagée).

La mission recommande de demander à la commune de Fort-de-France de revoir son projet de troisième tranche dans le sens indiqué par les recommandations techniques, ce qui devrait permettre de réduire le montant correspondant.

² Fonds exceptionnel d'investissement

4. Révision du Plan de Prévention des Risques naturels (PPRN)

4.1. Historique des PPRN en Martinique

En Martinique, les Plans de prévention des risques naturels (PPRN) ont été mis en place en 2004 (34 arrêtés préfectoraux). Ils avaient été précédés, en 1999, de cartes d'aléas publiques donnant aux responsables de l'aménagement et aux habitants une information sur l'état des risques naturels.

Une évaluation de ces PPRN était prévue au bout de 5 ans pour une éventuelle révision, pressentie compte tenu de l'observation d'un certain nombre de difficultés d'application. Les PPRN n'ayant pas montré de défauts rédhibitoires, le champ des révisions sera donc limité et concernera plutôt des « adaptations » territoriales.

Des études et une assistance externe ont ainsi fait l'objet d'une consultation par appel d'offres auprès de bureaux d'études spécialisés. Ainsi, la DEAL a missionné en 2010 le groupement de bureaux d'études SCE – CréOcéan – Naomis – Ginger Géode – Adhoc Caraïbes pour la réalisation de la révision générale des PPRN.

4.2. Situation actuelle et perspectives

Le travail de révision a consisté principalement en :

1. Une mise à jour des données :
 - de nouveaux outils plus performants comme la Litto 3D ont été localement utilisés pour mieux exploiter les données disponibles.
 - des études ou constats de glissements réalisées après 2004 ont été intégrées.
 - de nouvelles études ont été réalisées : les aléas littoraux ont fait l'objet d'une cartographie améliorée, tenant compte du changement climatique ; le BRGM et le bureau d'études Géode ont localement affiné les connaissances sur l'aléa mouvement de terrain.
2. Une nouvelle rédaction du règlement qui devrait permettre une lecture plus aisée des croisements enjeux-aléas mais aussi des prescriptions générales et particulières de chaque aléa.
3. Une évolution des règles de croisement avec l'aléa qui devient prioritaire et une prise en compte des enjeux forts existants.

Du retard a été pris durant l'élaboration des projets de révision, du fait d'évolutions dans la réglementation, comme la publication de la circulaire du 27 juillet 2011 relative à la prise en compte du risque de submersion marine dans les PPRN littoraux.

Des réunions de concertation avec les communes et les communautés de communes ont été organisées fin mars 2012 dans chaque arrondissement. Lors de ces réunions, les projets ont été remis aux collectivités à qui il a été précisé qu'un avis sous forme de délibération devait être rendu dans les deux mois suivant la remise des dossiers ou, à

défaut, qu'il serait réputé favorable, conformément aux dispositions de l'article R562-7 du code de l'environnement.

Les projets de PPRN révisés ont été publiés à partir de fin mars 2012 sur un site Internet dédié à l'évaluation/révision. Un comité de révision s'est tenu le 10 juillet 2012 afin de faire le bilan de la consultation réglementaire et de proposer des réponses aux remarques formulées à cette date.

Prolongée à la demande des élus, cette séquence de concertation s'est conclue le 5 décembre 2012 par une réunion présidée par le préfet avec l'association des maires.

Cette démarche partenariale a permis à vingt-et-une communes et à la Communauté d'Agglomération du Centre de la Martinique (CACEM) de formaliser leur avis sous forme de délibération et/ou de lettre. Chacune a reçu en novembre 2012 une réponse écrite de la DEAL détaillant les suites données à ses remarques.

Le dossier d'enquête publique a été finalisé fin 2012. Ce dossier contient un rapport d'instruction réalisé afin de détailler la démarche de concertation et de préciser les suites données et les réponses à toutes les remarques formulées par la commune lors de la concertation de 2012.

Compte tenu du grand nombre de commissaires-enquêteurs à mobiliser, la totalité des communes de la Martinique étant concernée par cette procédure, il s'est avéré indispensable de répartir les enquêtes publiques en trois vagues successives. La première vague d'enquêtes est programmée pour avril 2013. Pour chaque PPRN, l'enquête publique durera un mois, l'objectif étant d'achever l'ensemble des enquêtes d'ici mi 2013.

Parallèlement, pour faciliter l'accès du grand public aux données, les dossiers réglementaires et cartographiques seront mis à sa disposition sur le site Internet dédié.

Selon les remarques formulées, la DEAL appréciera les suites à donner et proposera au préfet d'amender ou non le PPRN avant approbation, prévue pour le deuxième semestre 2013.

4.3. Cas de Fort-de-France

La commune de Fort-de-France a fait l'objet d'un PPRN « multi-risques » (inondation par cours d'eau, submersion marine, mouvements de terrain, séisme) approuvé le 22 novembre 2004 par le préfet de Région.

Dans ce PPR de 2004, actuellement en vigueur, le secteur du glissement de Morne Calebasse est classé en zone « jaune » (cf. figure 2), sans interdictions mais où s'appliquent des prescriptions particulières. Pour ce qui est des mouvements de terrain, les zones jaunes sont les zones d'aléa moyen, dans une échelle : faible, moyen, fort, majeur. Les prescriptions y sont très légères : en dehors de l'exigence du respect de bonnes pratiques (adaptation de la construction à la nature des terrains, récupération et évacuation des eaux de drainage, etc.), aucune prescription particulière pour les constructions à usage d'habitation ; obligation d'étude géotechnique préliminaire G11 (selon la norme NF P 95-500) pour des bâtiments tels que écoles, maisons de retraite, etc. et les infrastructures publiques.

Dans le projet de révision 2012, la zone de Morne Calebasse est encore classée en aléa moyen pour les mouvements de terrain (zone orange : figure 8). On peut s'étonner que l'emprise du grand glissement n'ait pas été placée en zone rouge, dans laquelle les nouvelles constructions à usage d'habitation sont interdites, d'autant que le règlement de cette zone orange reste léger.

Selon la DEAL, dans la dernière version du PPRN, soumise à enquête publique en avril-mai 2013, la zone glissée est classée en zone rouge inconstructible. La Ville devra réfléchir à un aménagement de la zone, par exemple parc public ou terrains de sport.



Figure 8. Projet de zonage réglementaire du PPR de Fort-de-France³. État 2012.

Les événements de 2011 tendent-ils à mettre en cause le zonage de 2004 et la méthodologie adoptée à l'époque ? Ou peut-on dire que ces événements sont liés à des circonstances très exceptionnelles, « imprévisibles » ? Certes, les précipitations atteignent effectivement un niveau record, mais par ailleurs le site ne semble pas avoir des caractéristiques géologiques ou hydrogéologiques « anormales » et des versants *a priori* analogues occupent d'importantes surfaces urbanisées dans l'agglomération. Observons qu'il s'était produit en 1993 un glissement/coulée, au lieu-dit « Populo », à moins de 500 m au nord-est du versant de Morne Calebasse : il avait affecté la RD 48 et quelques maisons et il est classé en zone « orange » dans le PPR de 2004 (cf. figure 2).

A l'est de l'île, le glissement de Soleil-Levant, commune du François, survenu en 2004, a affecté une quinzaine d'habitations. Le secteur était classé en zone blanche du PPR (aléa faible). Selon le BRGM, il était très difficile de prévoir un tel événement dans le cadre d'une étude de PPR, nécessairement sommaire.

Dans cette même commune, le glissement du quartier du Bois Soldat, s'est produit le 28 avril 2013 dans un secteur classé en zone « jaune ».

Le BRGM a réalisé en 2011 une étude : *Évaluation et révision des PPR de Martinique (2009-2010) ; bilan des données disponibles au BRGM, enseignements et recommandations associés*. Le rapport conclut à la nécessité de revoir le zonage d'un

³ Il est surprenant que la zone orange s'étende considérablement à l'aval dans la plaine : le règlement y serait donc le même que dans le secteur glissé.

certain nombre de sites, en sur-classement ou en sous-classement, en particulier dans les zones « jaunes » ou « orange ».

Les PPR révisés mis à l'enquête en 2013 ont effectivement donné lieu à plusieurs actualisations ponctuelles et cela représentera certainement un progrès.

Indépendamment de l'évaluation de l'aléa, la mission souhaite rappeler que la sécurité repose aussi sur le respect et le suivi des mesures préconisées dans les PPR : en particulier, une bonne gestion des eaux est un élément fondamental de la stabilité, compte tenu de l'importance des précipitations en Martinique. La mission n'a pas analysé en détail le projet de règlement, elle suggère toutefois de renforcer les prescriptions sur l'évacuation des eaux. Dans la pratique, les canalisations souterraines et de surface sont-elles bien entretenues ? Une enquête sur ces sujets devrait être menée et pourrait conduire à renforcer les actions d'information/communication en direction des habitants et des élus.

Le processus de révision des PPR, largement avancé, doit être mené à son terme.

La question d'une réflexion méthodologique plus approfondie reste posée, le zonage d'aléa en vigueur ayant montré certaines carences. Des connaissances nouvelles se sont développées depuis quelques années, par exemple sur l'histoire volcanique de l'île, sur les processus d'altération tropicale, sur l'hydrogéologie des formations volcaniques et superficielles, sur les propriétés géotechniques des formations superficielles. Un fond topographique (Litto-3D) très précis est disponible, qui permet des analyses géomorphologiques fines. Une nouvelle révision pourra être envisagée dans quelques années, précédée d'un travail méthodologique de fond.

Remarquons que l'analyse détaillée (géologie, pétrographie, hydrogéologie, géotechnique) d'un cas comme celui de Morne Calebasse permettrait sans doute d'en tirer des enseignements applicables à d'autres sites.

Une action de recherche sur les glissements de terrain en Martinique mobilisant le BRGM, l'université et les CETE serait opportune.

Conclusion

Le secteur de Fort-de-France a subi en 2011 un glissement de grande ampleur. Les travaux de stabilisation prévus par la commune et le conseil général sont aujourd'hui très largement engagés. À partir de décisions prises en urgence, ils ont été progressivement adaptés aux réalités du terrain, sans toutefois être réellement optimisés. Même si d'autres options étaient possibles, il n'est pas question de revenir sur ce qui a été réalisé.

Pour ce qui est de la dernière phase de travaux, non encore finalisée, la mission recommande que des solutions alternatives soient étudiées, en mettant l'accent sur le drainage plutôt que sur des mouvements de terre considérables. Pour optimiser et fiabiliser les solutions adoptées, une étude hydrogéologique approfondie devrait être réalisée, en associant le BRGM. Des sondages inclinométriques complémentaires permettraient de conforter l'hypothèse de non-progression du glissement vers l'aval. Le PCI-CETE Vulnérabilité aux Mouvements de terrain pourrait être sollicité pour valider le projet définitif.

Compte tenu de la sensibilité du site, et pour assurer la pérennité des ouvrages réalisés, il devrait être établie une convention entre le Département et la Ville réglant le partage des tâches de suivi et d'entretien du versant et des dispositifs de stabilisation (mesures topographiques sur les parois de grande hauteur, entretien des drains, inclinométrie, etc.).

S'agissant du risque de coulée de boue, clairement surévalué, la mise en place dès maintenant d'une barrière de protection, permettant de réduire à très court terme la superficie de la zone d'évacuation, est suggérée. Ce type d'ouvrage pourrait aussi être envisagé pour le long terme, par exemple sous forme d'un écran en paroi berlinoise.

Le rapport technique du CETE-Méditerranée (annexe 4) donne un certain nombre de pistes pour la stabilisation du site et la mise en sécurité des habitants.

Dans l'état actuel des connaissances, la mission confirme la nécessité des acquisitions proposées (figure 5) et propose d'y ajouter une parcelle (n°548).

Dans une perspective de traçabilité et de sécurité juridique, la mission recommande que soient formalisés les critères d'évacuation et le processus de décision dans les zones actuellement occupées par les habitants, mais à évacuer en cas d'alerte (zone de vigilance étendue, *a priori* en vigueur jusqu'à la fin des travaux).

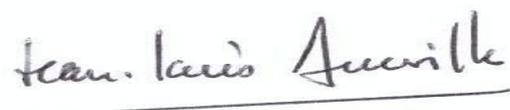
La mission donne une ligne de conduite pour évaluer la part de financement FPRNM éligible dans les dépenses du Conseil général, excluant les travaux ayant pour seul objet le rétablissement de la circulation. En ce qui concerne les travaux à la charge de la Ville, la mission recommande de financer les parts prévues dans les phases 1 et 2 de travaux, mais de conditionner les subventions de la phase 3 à une optimisation technique et économique, en fonction des recommandations techniques faites dans le rapport.

La mission recommande de mener à son terme la révision des PPR, qui est aujourd'hui à l'enquête publique. Le secteur du grand glissement (parcelles en acquisition) doit être rangé en zone inconstructible. Des prescriptions plus vigoureuses pourraient être insérées dans le règlement sur la maîtrise des eaux de surface et canalisées, et sur

l'entretien des dispositifs y afférents, dans des secteurs comme celui de Morne Calebasse.

Dans une perspective de révision de fond des PPR de la Martinique, la mission suggère de favoriser une action de recherche sur les glissements en Martinique, associant l'université, le BRGM et les CETE, et traitant des aspects géologiques, hydrogéologiques et géotechniques. Une méthodologie d'évaluation de l'aléa pourrait alors être développée.

Jean-Louis DURVILLE

Handwritten signature of Jean-Louis Durville in black ink, underlined.

Ingénieur général
des ponts, des eaux
et des forêts

Delphin RIVIÈRE

Handwritten signature of Delphin Rivière in black ink.

Ingénieur général
des ponts, des eaux
et des forêts

Annexes

1. Lettre de mission

0 0 8 9 3 2 - 0 1



MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
ET DE L'ÉNERGIE

Direction générale de la prévention des risques

Paris, le 27 FEV. 2013

Service des risques naturels et hydrauliques

La directrice générale de la prévention
des risques

Bureau des risques naturels terrestres

à

Nos réf. :
Vos réf. :
Affaire suivie par : François HEDOU
françois.hedou@developpement-durable.gouv.fr
Tél. : 01.40.81.88.97 – Fax : 01.40.81.89.83

Monsieur le vice-président du conseil général
de l'environnement et du développement durable

Objet : Mise en place d'une mission concernant les risques de mouvements de terrain sur le site de Morne Calebasse à Fort-de-France (Martinique).

PJ : Dossier de saisine (CD ROM)

Initié en mai 2011, puis réactivé le 2 août 2011 par la tempête tropicale Émilie, un glissement de terrain de grande ampleur s'étend sur une superficie de près de 2 hectares dans une zone urbanisée à Morne Calebasse sur la commune de Fort-de-France. Ce mouvement de terrain a tout d'abord sévèrement endommagé 18 villas. La commune a aussi fait évacuer 75 habitations et 2 établissements recevant du public. En complément de ces mesures conservatoires, la commune et le conseil général ont débuté des premiers travaux de drainage et de confortement d'un talus routier.

La commune de Fort-de-France propose désormais de réaliser une seconde phase de travaux de protection pour un montant de 10 M€ HT dans le but de stabiliser le glissement et de permettre le retour d'une grande partie des familles des habitations évacuées. Elle sollicite auprès de l'État une aide financière sur le FPRNM à hauteur de 4 M€ HT au titre des études et travaux de prévention menés par les collectivités territoriales dans le cadre de la circulaire du 23 avril 2007.

Compte-tenu des enjeux menacés par ce glissement de terrain et du montant des travaux projetés, je vous demande de bien vouloir mettre en place une mission, dont l'objet sera de produire un avis technique qui portera sur la vérification du périmètre de la zone à risque, sur l'évaluation du risque résiduel après les travaux projetés et sur la définition d'éventuels études ou travaux de prévention supplémentaires. L'avis portera également sur l'opportunité et sur les éventuelles modalités de reprise de la carte d'aléa mouvements de terrain du PPRN de Fort-de-France (le glissement de Morne Calebasse étant actuellement situé en zone d'aléa faible).

A cet effet, vous trouverez ci-joint un dossier technique de saisine établi par les services de la direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement de la Martinique. Il sera complété par la copie des rapports d'étude menés par la collectivité de Fort-de-France.

copies = préfet, DEAL

Pour ce faire, la mission pourra associer à la réflexion toute personne compétente qu'elle jugera utile de solliciter. Ainsi, elle pourra notamment, si elle le souhaite, s'appuyer sur le pôle de compétences et d'innovation (PCI) « Vulnérabilité des aménagements à l'aléa mouvements de terrain » dont le protocole a été signé le 2 septembre 2011.

Vous veillerez à me rendre un rapport final pour le 15 avril 2013.

Le service des risques naturels et hydrauliques (SRNH) de la direction générale de la prévention des risques (DGPR) sera le correspondant de la mission.

La directrice générale de la prévention des risques



Patricia BLANC

2. Liste des personnes rencontrées

Préfecture de Martinique

<i>Nom</i>	<i>Prénom</i>	<i>Fonction</i>
Guarrigue-Guyonnaud	Matthieu	Directeur de cabinet
Charry	Vanessa	Adjointe au chef SDIPC
Suares	Marie	SDIPC

DEAL de Martinique

Legrigeois	Éric	Directeur
Guyard	Gilbert	Directeur adjoint transports risques énergie défense
Derveaux	Georges	Chef du service risques énergie climat
Salindre	Jean-Jacques	Pôle risques naturels
Mouly	Éliane	Pôle risques naturels

Ville de Fort-de-France

Saint-Louis-Augustin	Raymond	Maire
Belfan	Brunette	Adjointe au maire, déléguée aux risques majeurs
Dorail	Charles	DGA – directeur des services techniques
Havre	Helen	DGA STAP chargée de la coordination sur Morne Calebasse
Ferné	Maurice	Directeur de la protection civile
Bertrand	Muriel	DGTESP
Alexandre	Rudy	SEMSAMAR

Conseil Général de la Martinique

Edmond-Mariette	Christian	Vice-président, conseiller général du canton concerné
Doriac	Frantz	DGA DIE
Chuit	Pascal	DGA DIE
Macéno	Robert	DGA DIE
Bourgeois	Anne	DGA DIE
Coat	Yves	DGA BBC
Viersac	Suzy	DGA BBC

Interlocuteurs techniques

Ramæl	Lydia	IMS RN
Dorléac	Olivier	IMS RN
Plotto	Pierre	IMS RN
Olivier	Serge	MAGMA Caraïbes
Mounier	Jérôme	GEODE
Audru	Jean-Christophe	BRGM
Reyal	Charles	Géotechnicien, habitant du site

3. Principaux rapports consultés

BE : IMSRN

Client : Ville de Fort-de-France

Titre : Diagnostic géotechnique G5 – Commune de Fort-de-France – Quartier Morne Calebasse – Fantaisie – Étude d'un glissement de terrain de grande ampleur affectant un versant densément urbanisé

Date : Juin 2011

BE : Ginger GEODE

Client : CG Martinique

Titre : Diagnostic géotechnique G5 – Étude géotechnique G2 – RD 48 Route de Moutte – Glissement de Morne Calebasse

Date : 2 septembre 2011

BE : Antea

Client : Ville de Fort-de-France

Titre : Note de synthèse relative à la réalisation des puits de drainage

Date : 22 septembre 2011

BE : IMSRN

Client : Ville de Fort-de-France

Titre : Projet géotechnique G21 – Commune de Fort-de-France – Quartier Morne Calebasse – Fantaisie – Stabilisation d'un glissement de terrain de grande ampleur affectant un versant densément urbanisé

Date : Octobre 2011

BE : IMSRN

Client : Ville de Fort-de-France

Titre : Rapport de synthèse géotechnique – Commune de Fort-de-France – Quartier Morne Calebasse – Fantaisie – Stabilisation d'un glissement de terrain de grande ampleur affectant un versant densément urbanisé

Date : 13 décembre 2011

BE : MAGMA Caraïbes

Client : Conseil général de la Martinique

Titre : Quartier Morne Calebasse – RD 48 – Confortement du talus amont par ouvrage en sol cloué avec parement de béton projeté – Note de calculs Mission G3.

Date : 16 janvier 2012

BE : IMSRN et GEODE

Client : non mentionné

Titre : Note géotechnique – Modèle géotechnique définitif – parois centrales CG et ville

Date : 4 avril 2012

BE : IMSRN

Client : non mentionné

Titre : Note géotechnique – Hypothèses hydrogéologiques

Date : 3 mai 2012

BE : MAGMA Caraïbes

Client : Conseil général de la Martinique

Titre : Quartier Morne Calebasse – RD 48 – Confortement du talus aval par ouvrage en sol cloué avec parement de béton projeté – Parois Conseil général – P4 à P8 – Note technique.

Date : 9 juillet 2012

BE : MAGMA Caraïbes

Client : Conseil général de la Martinique

Titre : Quartier Morne Calebasse – RD 48 – Confortement du talus aval par ouvrage en sol cloué avec parement de béton projeté – Parois Conseil général – P1 à P4 – Note technique.

Date : 31 juillet 2012

4. Rapport géotechnique de Dominique Batista (CETE-Méditerranée)

4.1.1. Contexte de l'intervention

Un glissement de grande ampleur est survenu en 2011 sur la commune de Fort-de-France au droit d'un versant densément urbanisé (Quartier Morne Calebasse – Fantaisie). Ce glissement impacte 75 habitations et 2 établissements recevant du public. La commune de Fort-de-France se propose de réaliser des travaux de stabilisation de ce glissement pour un montant prévisionnel de 10 millions d'euros afin de permettre la réintégration des bâtiments et habitations évacués et sollicite auprès de l'État une aide financière sur le fond de prévention des risques majeurs naturels.

Dans ce cadre, la DGPR a confié une mission d'expertise au CGEDD portant notamment sur l'évaluation du projet et l'analyse du risque résiduel après travaux. L'ingénieur Général Jean-Louis Durville coordonnant cette mission a souhaité l'appui d'un expert du PCI mouvement de terrain sur les aspects de stabilisation de glissement de terrain de grande ampleur (service GMS au CETE Méditerranée).

L'objectif de notre mission est d'évaluer la qualité des études de confortement produites, de contribuer à l'analyse des solutions de confortement, à l'analyse de leur fiabilité et durabilité et à l'évaluation de l'aléa résiduel après travaux. La mission sur site a eu lieu du 21 au 25 avril 2013.

4.1.2. Extension des phénomènes constatés

4.1.2.1. Le glissement de terrain

La figure suivante fournit l'extension du glissement (en magenta) ainsi que la représentation des déplacements inclinométriques constatés le 22 octobre 2012 :

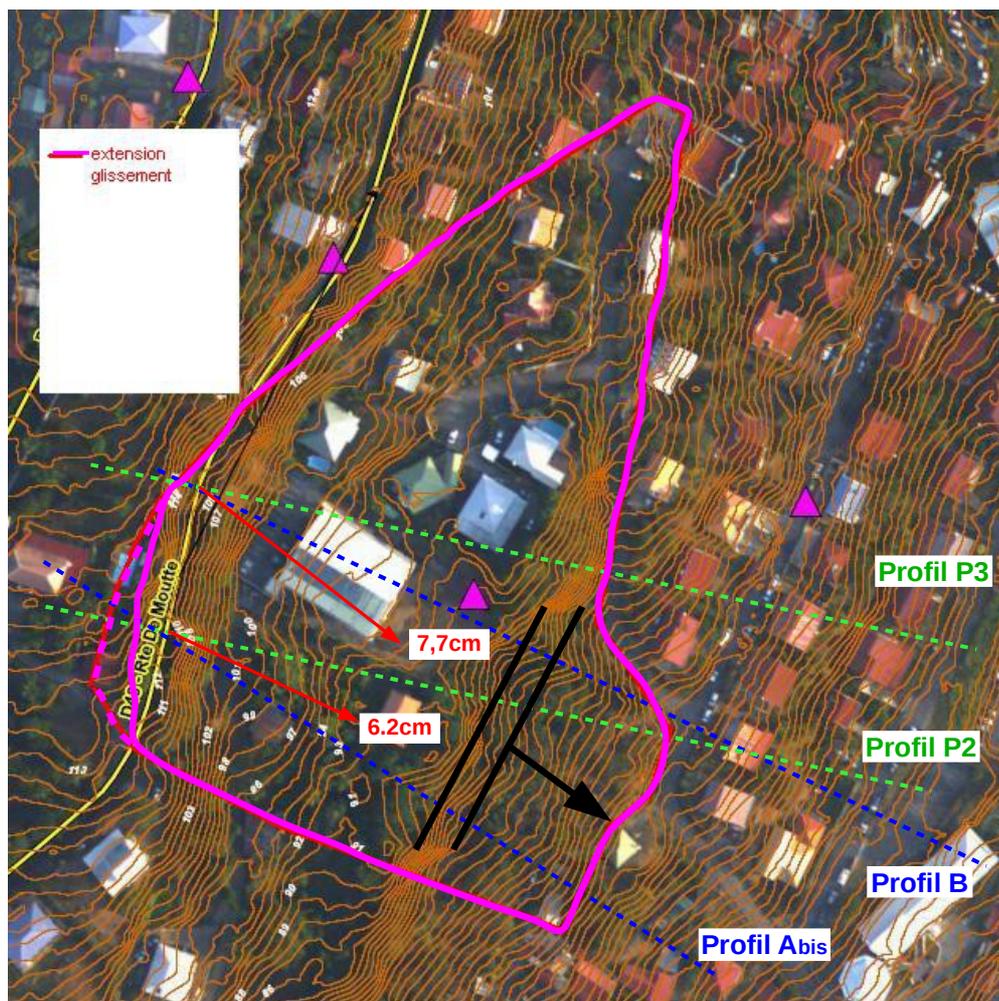


Figure 1 :extension du glissement de terrain et représentation des déplacements inclinométriques

Cette extension de près de 2,4 hectares a été établie sur la base des constatations de désordres in situ, d'une analyse géomorphologique du site ainsi que des profils de calculs Abis et B qui fournissent des indications précieuses sur la position du bourrelet de pied. On notera particulièrement le décalage en plan du bourrelet dans la zone la plus active (décalage représenté en trait noir entre les profils Abis et B), ce décalage historique ayant la particularité d'être sensiblement parallèle au champ de déplacements mesurés sur les inclinomètres amonts. Cette observation montre qu'il s'agit d'un glissement ancien présentant un approfondissement vraisemblable de la surface de glissement entre les profils Abis et B.

Les photos suivantes montrent la morphologie du bourrelet de pied situé en contrebas de la rupture de pente entre les profils Abis et B, elles confirment notre analyse de l'extension du glissement.



Figure 2 : bourrelet de pied à mi-chemin entre les profils Abis et B



Figure 3 : bourrelet de pied au voisinage du profil Abis (rue de l'équerre)

4.1.2.2. La coulée boueuse

La coulée boueuse s'est déclenchée le 2 août 2011, suite à d'intenses précipitations. D'après l'observation des photos disponibles, cette coulée boueuse s'est formée à partir des matériaux saturés issus du bourrelet de pied du glissement. Autrement dit, cette coulée boueuse s'est formée au droit du bourrelet de pied dans la couche d'argiles saturées située au-dessus de la courbe de glissement :

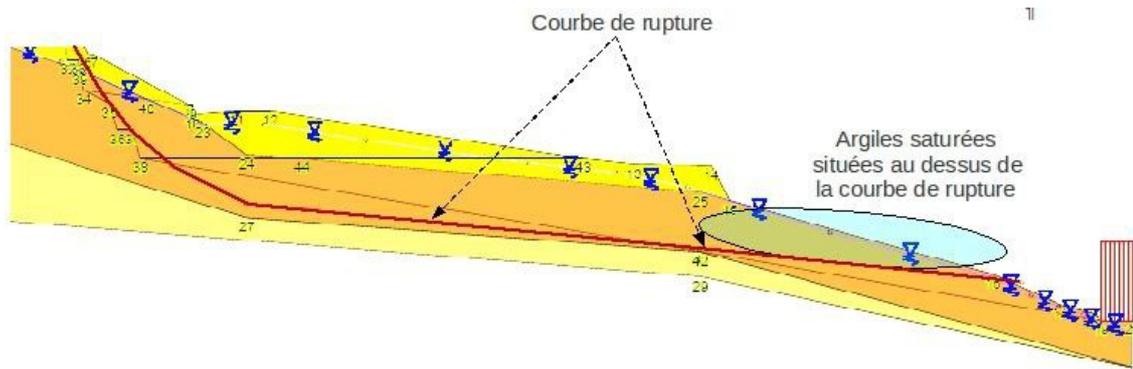


Figure 4 : localisation des matériaux disponibles pour le phénomène de coulée boueuse

L'analyse des profils de calcul permet d'estimer que le volume maximal d'argiles saturées en pied de glissement pouvant créer une coulée boueuse est de l'ordre de 15 000 m³.

Or la coulée boueuse d'août 2011 a été estimée à 14 000 m³ par les services de la ville. Cette estimation nous paraît très largement surestimée et correspondrait à l'activation de l'ensemble des matériaux argileux disponibles. En effet l'analyse des photos transmises montre clairement que l'ensemble de ces matériaux n'a pas été purgé par la coulée boueuse et que seule une fraction de l'ordre du tiers a été mobilisée soit approximativement 5 000 m³.

Afin d'affiner cette estimation très grossière, nous avons entrepris de déterminer l'extension réelle de la coulée boueuse à l'aide de photos aériennes et d'évaluer la hauteur de la coulée boueuse en différents points à l'aide des photos disponibles (sources BRGM et Conseil Général). Cette démarche nous a permis de montrer que la coulée boueuse s'est répandue sur près de 10 000 m² et qu'elle représente un volume total de l'ordre de 5 000 m³ qui confirme pleinement notre première analyse.



Figure 5 : cartographie et analyse de l'épaisseur de la coulée boueuse du 2 août 2011 (épaisseurs en mètres)

4.1.3. Analyse du modèle géotechnique

- Modèle géologique

Le modèle géologique est établi sur la base de nombreux sondages. Toutefois la description lithologique des sondages nous paraît souvent imprécise et peu discriminante ce qui nuit à la qualité du modèle. Il eut été intéressant d'appuyer ces descriptions par des analyses granulométriques plus fréquentes permettant notamment de cerner le caractère sableux ou purement argileux de la matrice des « Argiles à blocs ». Le modèle géologique intègre une couche de conglomérats fluviaux supérieurs recouvrant une couche plurimétrique d'argiles à blocs reposant sur la tuffite de Fort-de-France.

Globalement le modèle géologique proposé nous paraît discutable. Ainsi l'origine de la formation d'argile à blocs souvent associée à l'altération de la couche supérieure de conglomérats fluviaux ne nous paraît pas établie avec certitude. Elle ne permet pas notamment d'expliquer la très forte variabilité de ces argiles tantôt très fines tantôt sableuses tantôt présentant des blocs pluridécimétriques (atteignant 50 cm de diamètre sur SC7).

L'hypothèse de formations de pentes glissées emballant des blocs nous paraît bien plus plausible. Notre analyse est confortée par la notice géologique qui stipule que les conglomérats fluviaux intègrent « des dépôts boueux à blocs anguleux, peut-être d'anciens glissements de terrain de grande ampleur, qui affleurent ... entre la Redoute et Fontaine de Moutte à l'est et au nord est de Fort-de-France ». Ces éléments géologiques de base n'ont pas été correctement intégrés dans le modèle.

Par ailleurs, dans cette même notice géologique, la tuffite azoïque est assimilée à « une alternance de couches centimétriques de grès micro-conglomératiques et silts » ce qui lui confère vraisemblablement des propriétés de perméabilité totalement négligées. Dans le modèle commun IMS-GEODE la tuffite ne dispose par d'une frange d'altération supérieure, alors qu'elle semble visible dans les sondages.

Nous recommandons d'intégrer cette couche altérée en place sur une épaisseur de l'ordre de 3-4 m.

- Modèle hydrogéologique

Le modèle hydrogéologique n'est pas suffisamment étudié. Les études IMSRN indiquent l'absence de véritable nappe (libre ou captive) sur le site mais intègrent pourtant des niveaux piézométriques dans les calculs. Cette contradiction est d'autant plus marquée qu'avec les caractéristiques mécaniques prises en compte et une absence d'eau sur le site, il n'y aurait pas de glissement et encore moins de coulée boueuse. Ainsi la tuffite semble considérée comme un horizon totalement imperméable. Pourtant la notice géologique évoque pour cette formation « une alternance de couches centimétriques de grès micro-conglomératiques et silts » et donc une perméabilité non négligeable voisine de 10^{-5} à 10^{-6} d'après les éléments bibliographiques en notre possession, ce qui autorise des mises en pression sous la couche d'argile constituant un horizon globalement imperméable.

Ce scénario vraisemblable de nappe captive sous les argiles à blocs n'a pas été étudié malgré l'existence de sources thermales profondes recensées. Il convient de noter qu'aucune mesure de la perméabilité n'a été réalisée alors que l'hydrogéologie constitue l'origine même des phénomènes (des essais d'eau ont été réalisés, mais aucune perméabilité n'en a été déduite). Les suivis piézométriques sont très disparates

et globalement inadaptés à la mise en évidence d'une nappe captive (absence de CPI).

Le suivi piézométrique sur le site indique toutefois une nappe hétérogène et très réactive globalement sub-affleurante à la base du glissement en période de crise, observation compatible avec une nappe captive sous une formation peu perméable et perceptible par piézométrie au droit des zones les plus fissurées. Une alimentation via les conglomérats supérieurs injectant de l'eau dans la tuffite pourrait être envisagée. Il convient de noter que l'on observe des battements de 5 m au sondage pdy3, de 4 m en pdy6. Les observations sur les niveaux piézométriques mesurés sur les sondages voisins SC1.exe et SP1.exe confirment notre analyse à savoir des niveaux de charge différents au-dessus et en dessous de la couche d'argile à blocs. Par ailleurs les forages d'exécution montrent une forte perméabilité de fissures dans les conglomérats supérieurs (mise en évidence de communication entre forages).

Globalement le modèle hydrogéologique n'a pas été suffisamment étudié et ne permet pas d'expliquer la forte réactivité du glissement vis-à-vis des précipitations (réactivité de l'ordre de 24h). Ces éléments diffèrent substantiellement de la synthèse fournie par IMS :

« Les niveaux d'eaux relevés correspondent à des circulations diffuses, avec des origines très diverses. La piézométrie du site ne reflète donc pas une nappe au sens traditionnel (et notamment au sens de la modélisation TALREN). Les eaux profondes traversent localement les argiles à blocs intermédiaires qui ne sont donc pas un « écran imperméable ». Elles parviennent donc ponctuellement jusqu'au conglomérat selon des réseaux diffus (fissures). Il n'y a donc pas de nappe sous pression ».

- Caractérisation mécanique

Les études étaient initialement menées avec des caractéristiques mécaniques différentes en partie haute et en partie basse du glissement en fonction des bureaux d'étude étudiant le site. Par ailleurs les résultats des essais de laboratoire IMSRN de 2007 et 2011 fournis dans le rapport G5 d'IMSRN sont très contestables. Ainsi un angle de frottement drainé de 7° est trouvé pour l'échantillon E1 du sondage SC1-2007, et un angle de frottement de 12° est trouvé pour l'échantillon E1 du sondage SC2 (allée des manguiers-Bel Horizon). Ces angles de frottement ne sont nullement réalistes. À partir d'avril 2012, des caractéristiques communes sont adoptées par les deux bureaux d'études, elles intègrent malheureusement des cohésions trop importantes dans les argiles à blocs et un angle de frottement dans les argiles, supérieur à celui des tuffites raides ce qui nous paraît très contestable.

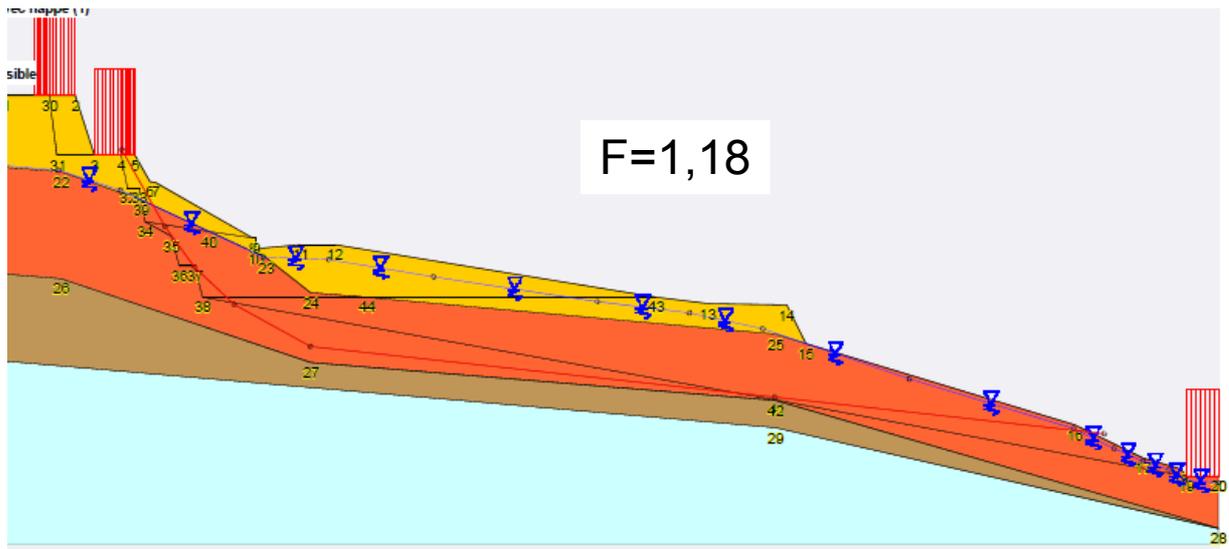
Dans les notes d'exécution, il semble que la cohésion des argiles soit uniquement négligée sur la surface de glissement. Cette démarche nous paraît cependant dangereuse, car elle ne permet pas d'anticiper de potentielles extensions du glissement. Les caractéristiques communes sont les suivantes :

	γ_h	c'	ϕ'	c_{cu}	ϕ_{cu}
Conglomérat	17 kN/m ³	33 kPa	28°	89 kPa	17°
Argiles à blocs	17 kN/m ³	31 kPa	25°	99 kPa	16°
Tuffite raide	17 kN/m ³	70 kPa	22°	120 kPa	15°

Les caractéristiques pressiométriques de chaque formation ne sont pas suffisamment étudiées et paraissent peu en cohérence avec les lithologies retenues. Le tercile

inférieur des angles de frottement mesurés sur les argiles à blocs est de l'ordre de 21°, alors que l'angle de frottement retenu est de 25°. Cela montre que l'angle de frottement retenu est vraisemblablement inadapté. En intégrant les maxima piézométriques mesurés ainsi que les caractéristiques mécaniques communes IMS-Géode (avec une cohésion dans les argiles), le site présentait un coefficient de sécurité initial global de 2,1 avant glissement.

Si l'on néglige toute cohésion dans les argiles au voisinage de la courbe de rupture (hypothèse finalement retenue en exécution), nous obtenons un coefficient de sécurité initial global (sans pondérations) de 1,18 (sur le profil B avec les hypothèses communes).



Ce coefficient global de sécurité de 1,18 ne traduit pas l'équilibre précaire du site et montre une surestimation des caractéristiques mécaniques des sols pouvant se solder par un sous dimensionnement de l'ouvrage. Nous constatons par ailleurs que l'angle de frottement dans les tuffites paraît particulièrement faible si on le compare aux caractéristiques existantes dans la bibliographie (angle de frottement de l'ordre de 30 à 35° plus compatibles avec la nature sableuse de ces tuffites).

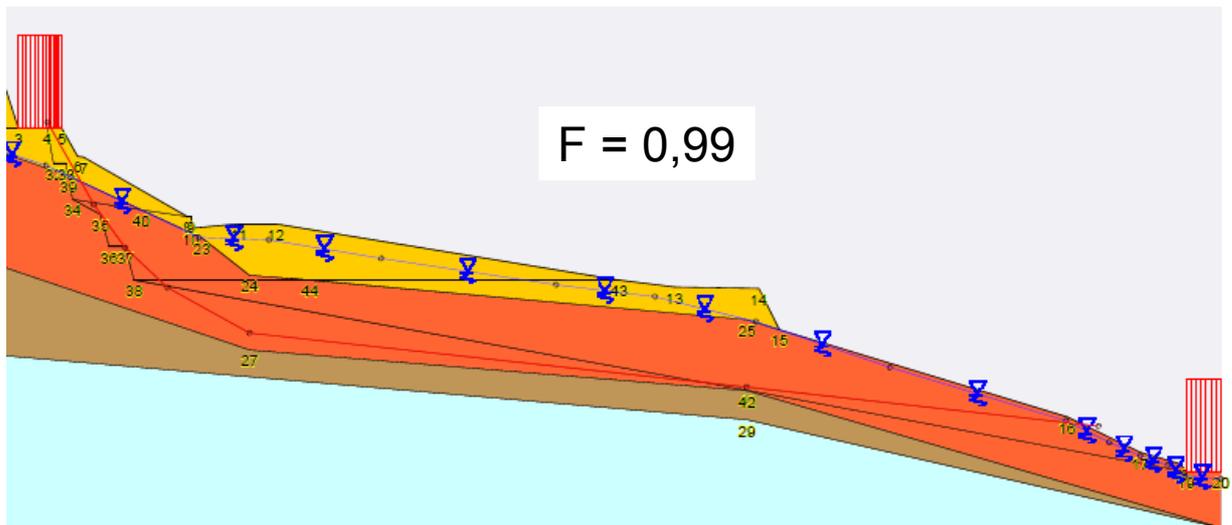
En conditions sismiques, les caractéristiques mécaniques proviennent d'essais de cisaillement consolidés non drainés alors qu'il est d'usage de retenir les caractéristiques non consolidées et non drainées (le sol n'ayant pas le temps de se consolider sous la charge verticale sismique). Par ailleurs, la classe de sol (vis-à-vis du séisme) n'est pas établie conformément aux règles de l'art sur la base d'essais adaptés (le profil de vitesse vs de propagation des ondes de cisaillement dans le sol ou profil SPT constitue les paramètres d'évaluation les plus fiables pour la détermination de la classe de sol). De plus, les calculs sismiques sont conduits avec les règles AFPS90 et l'additif 2002 aux recommandations Clouterie, ce qui conduit à considérer pour coefficient sismique vertical $\sigma_v = \pm 0,3 \sigma_h = \pm 0,077$ au lieu de $\sigma_v = \pm 0,5 \sigma_h = \pm 0,128$ recommandés par l'Eurocode 8. Toutefois, les règles AFPS sont applicables à titre transitoire pour des travaux initiés avant le 1^{er} janvier 2013. Par conséquent, une mise à jour des calculs sismiques pourra être nécessaire pour des phases de travaux non initiés à cette date.

- Modélisation en profils

Les champs de déplacement topométriques et inclinométriques mesurés montrent une orientation des déplacements très biaisée par rapport aux profils P2 et P3 finalement retenus au droit de la route. Cela est illustré dans la figure 1. Retenir des profils de calculs P2 et P3 biaisés par rapport aux déplacements constatés est donc susceptible d'introduire de nouvelles incertitudes dans le calcul. Il convient donc de retenir des profils de calculs orientés selon les mouvements tels que les profils B et Abis.

- Calage mécanique

Compte tenu des incertitudes relatives à la lithologie, aux niveaux d'eau et aux caractéristiques des sols, il nous paraît regrettable qu'aucun calage de stabilité n'ait été réalisé sur les profils de calculs. En effet, les modèles initiaux IMS ne semblent pas avoir été validés par une analyse de stabilité initiale du site ni même le modèle commun IMS-Géode (Ville-Conseil Général). Nous avons donc réalisé un calage de stabilité sur le profil B en intégrant dans les calculs l'enveloppe des niveaux piézométriques maximum mesurés ainsi qu'un angle de frottement de 21° pour les argiles à blocs (correspondant au tercile inférieur des angles de frottement mesurés). Avec ces principes simples, la stabilité très précaire du site est immédiatement vérifiée (F=0,99) et les caractéristiques des conglomérats supérieurs sont confirmées au droit de la surface de rupture :



In fine, le modèle géotechnique et les caractéristiques mécaniques retenus dans notre calage géotechnique sont synthétisés dans les tableaux suivants :

1	Argiles d'altération
2	Conglomérats Sup
3	Tuffite compacte
4	Remblais
5	tuffite altérée

Sol n°	1	2	3	4
γ (kN/m ³)	17.00	17.00	17.00	17.00
φ (°)	21.00	28.00	22.00	22.00
c(kPa)	0.00	33.00	70.00	30.00
Δc (kPa/m)	0.00	0.00	0.00	0.00

- Qualité du suivi inclinométrique

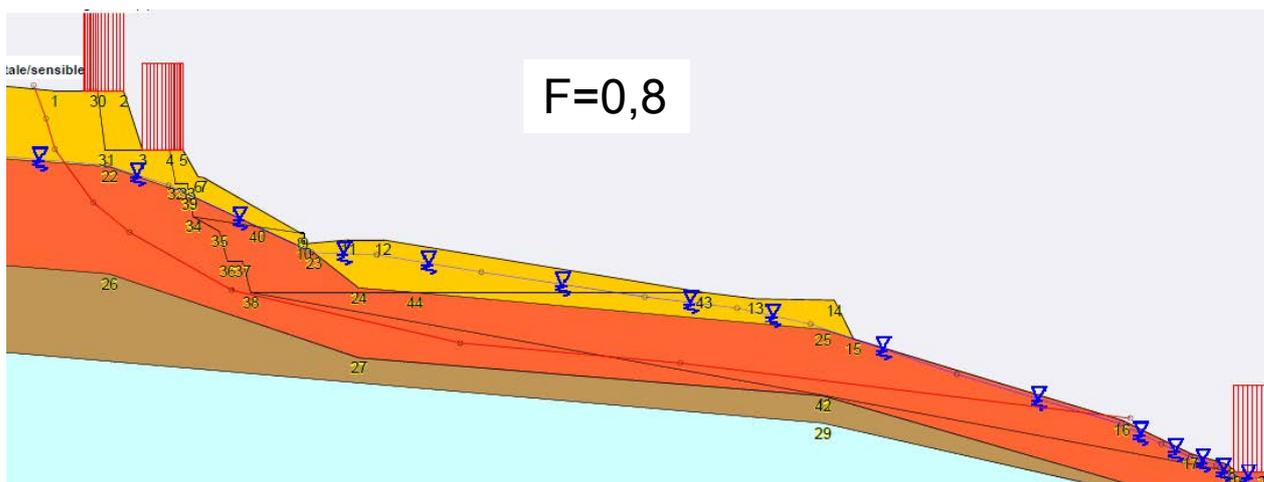
Il convient de remarquer que certains rapports inclinométriques ne sont pas conformes aux règles de l'art. Ainsi les variations angulaires ne sont pas explicitement fournies et l'analyse des incertitudes de mesure et des corrections n'est nullement fournie.

4.1.4. Extension possible du glissement

- Évaluation du risque de régression du glissement

l'extension amont ou aval du glissement n'est pas suffisamment étudiée. Par ailleurs les hypothèses de cohésion dans les argiles non glissées ne permettent pas une analyse fine des possibilités d'extensions amont et aval.

Avec le modèle géotechnique commun retenu et les caractéristiques géotechniques que nous avons obtenues par calage sur le profil B, une régression amont est tout à fait envisageable en absence de confortement, une courbe passant plus en amont ayant un facteur de sécurité global réduit de près de 25 % par rapport à la rupture initialement constatée sur site (il est vraisemblable cependant que les terrains au sommet du versant soient de meilleure qualité, et que la réduction de F soit moins importante).



Cela signifie qu'avec les caractéristiques de cisaillement recalées, une régression amont est parfaitement prévisible. Elle intéresserait une épaisseur de près de 20 mètres sous la route. Ce phénomène a été observé *in situ* après le début des travaux mais n'a malheureusement pas été anticipé (cf. inclinomètre SC1-Exe ainsi que SC2-Exe également cisailé à 19 m). Ainsi, nous pouvons redouter une régression des désordres vers l'amont en l'absence de confortement.

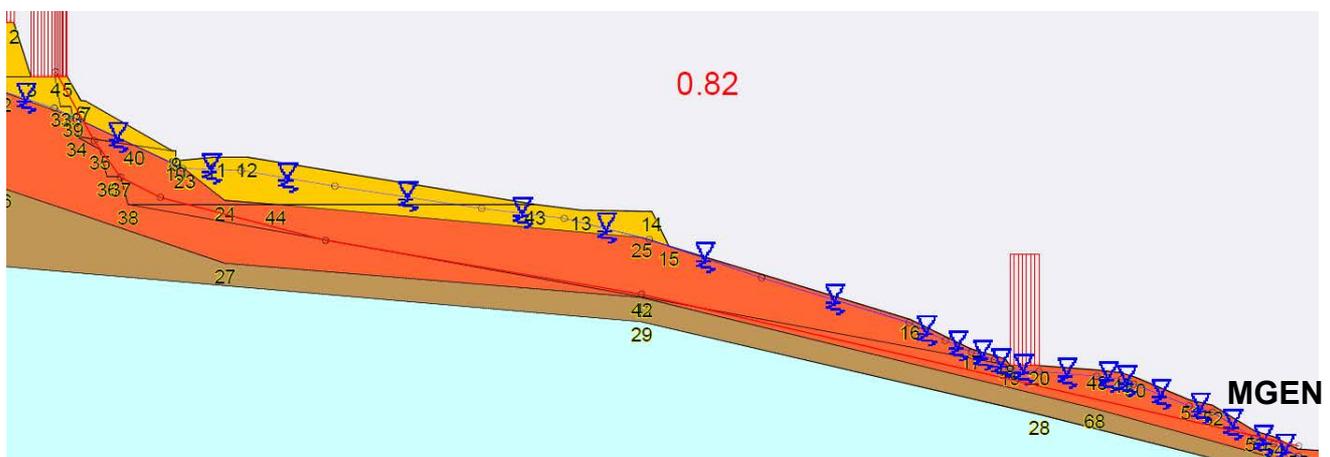
En présence des confortements projetés, et sous réserve du respect des hypothèses de niveau piézométrique, cette régression paraît peu probable et sera limitée.

- Évaluation du risque de progression du glissement vers l'aval

Le sondage SC2 situé à l'angle de la rue Bel Horizon montre, semble-t-il, des argiles jusque 8 m. Ces argiles sont qualifiées de moyennement consistantes au-delà de 2 m de profondeur. Ainsi, la description du sondage SC2 (en absence d'argiles peu

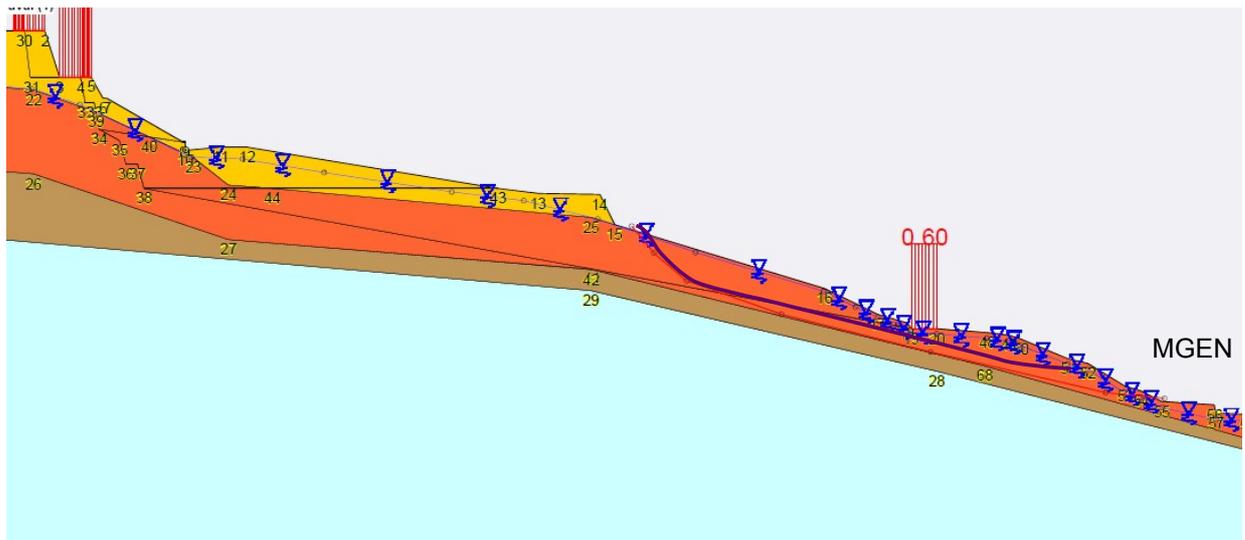
consistantes) semble indiquer l'existence d'une couche d'argile plus compétente à la base du versant qui permet d'expliquer l'arrêt du glissement dans le voisinage. Malheureusement les essais de laboratoire IMSRN de 2011 fournis dans le rapport G5 donnent un angle de frottement de 12° pour l'échantillon E1 du sondage SC2 (situé entre 3,5 m et 4,0 m) ce qui semble contradictoire (cela doit être relativisé selon nous, un tel angle de frottement n'étant pas réaliste). Nous regrettons la faiblesse des descriptions lithologiques ainsi que l'absence de charte des couleurs dans le relevé photographique du sondage SC2 qui interdit toute tentative de ré-exploitation. Par ailleurs nous avons prolongé le profil de calcul B jusqu'au parking de la MGEN afin d'évaluer par le calcul l'aléa progression.

Nos calculs montrent qu'une progression du glissement vers l'aval est légèrement moins probable qu'une régression vers l'amont (le coefficient de sécurité global augmentant de quelques pour-cent par rapport à la courbe de glissement en régression).



Nous pensons, par expérience, qu'une progression du glissement vers l'aval sera somme toute très limitée, même s'il n'est pas possible d'exclure totalement cette possibilité compte tenu de la nature des sols présents à la base (la couche d'argile à blocs étant largement retrouvée en base de versant) et de la qualité des descriptions lithologiques qui nuit à une interprétation fine.

Par ailleurs, la stabilité effective du versant situé à la base de la rue Bel Horizon milite pour l'existence d'une formation argileuse de meilleure qualité en base de versant et donc pour un risque moindre de progression du glissement vers l'aval. En effet, si l'on considérait les mêmes caractéristiques pour les argiles en aval de la rue Bel Horizon, on obtiendrait un coefficient de sécurité très faible ($F=0,6$) sur une surface de rupture en base de versant.



L'analyse de l'état de stabilité à l'aval de la rue Bel Horizon permet *in fine* d'estimer que le risque de progression du glissement vers l'aval est faible. Cette analyse est confortée par l'absence de mouvements inclinométriques en partie basse de versant (inclinomètres SC2 et SC6). Nous recommandons toutefois :

- de neutraliser une bande de l'ordre de 20 mètres entre l'extrémité aval du glissement cartographié sur la figure 1 et les habitations.
- De réaliser des sondages carottés complémentaires ainsi qu'un suivi inclinométrique complémentaire afin d'améliorer la connaissance du modèle à l'aval du glissement et de valider l'absence de mouvements inclinométriques à l'aval du glissement reconnu à ce jour.

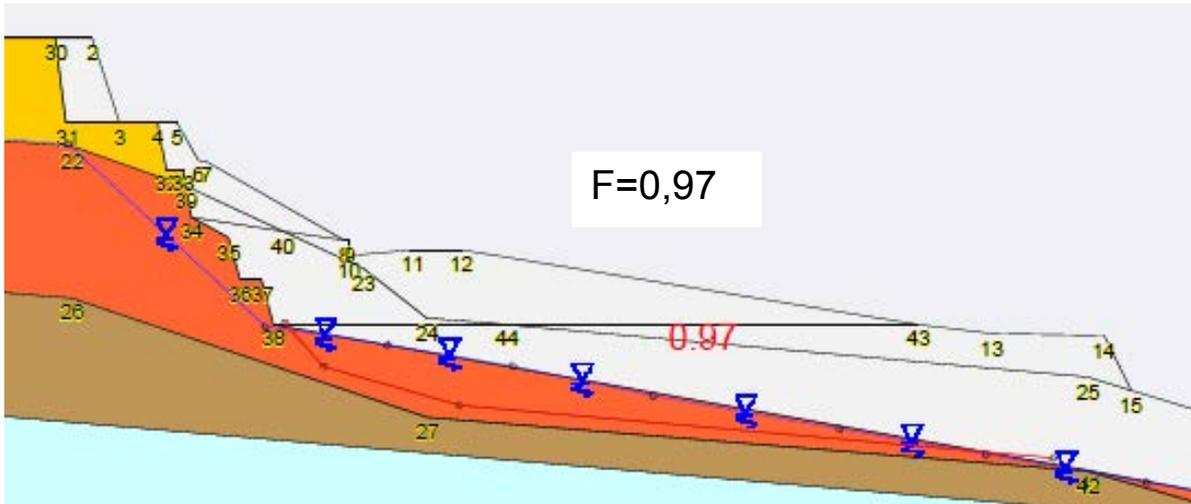
4.1.5. Analyse des confortements prévus et évaluation de l'aléa résiduel

4.1.5.1. Stabilité du versant

- Les études G2 et G5 sont approximatives et reposent sur un modèle géotechnique contredit depuis. Les études de niveau G3 présentent un modèle géotechnique corrigé mais qui reste encore perfectible et incertain. Ainsi le contexte hydrogéologique et les niveaux (ou pressions) d'eau à l'origine du glissement ne sont pas totalement maîtrisés. Par ailleurs les hypothèses de résistance au cisaillement des argiles nous paraissent contestables d'autant qu'elles ne sont pas validées par un calage géotechnique de stabilité du site. Nous constatons en phase exécution un rallongement très significatif des clous, un épaissement des barres d'acier et un volume considérable de purges.
- Les couples de parois clouées sont quasiment superposés donc en très forte interaction ce qui nuit à l'optimisation de leur structure (clouage et parement). Les parois clouées sont justifiées au droit du profil P2 sous réserve d'un rabattement significatif et durable de la nappe dans les argiles. Le bureau d'étude GEODE émet des réserves à ce propos dans l'étude G3 « STS, Confortement du talus aval par paroi clouée » :

- « Rappelons que nous émettons des réserves sur la note d'hypothèse hydrogéologique fournie. Il conviendra de s'assurer, en cours de chantier, de l'efficacité des drains et de la baisse du niveau piézométrique dans les piézomètres situés en amont du glissement. Si ce n'est pas le cas, il conviendra de reprendre le modèle et d'autres dispositifs devront être mis en œuvre : Drains supplémentaires ; Tranchée drainante et drains en épis ; Puits de pompage... ».
- Les parois clouées sont dimensionnées en utilisant la règle des 3H, règle totalement inadaptée dans un contexte de glissement profond. Ainsi aucune justification ne semble concerner la stabilité du versant dans son intégralité et notamment sa partie inférieure alors que des enjeux humains y sont concentrés. Il est notamment rappelé qu'un ouvrage situé dans des zones sujettes à des instabilités constitue un ouvrage de catégorie n°3 et que l'Eurocode 7 ne s'applique pas stricto sensu, il convient donc de faire appel à des dispositions ou règles alternatives.
- Les calculs fournis visent une sécurité d'ouvrage neuf fixée par l'Eurocode 7 alors que la catégorie géotechnique n°3 de l'ouvrage (ouvrage en versant instable) autorise une approche plus raisonnable fondée sur l'amélioration de 20 à 30 % de la sécurité globale du versant (cf « Guide technique de stabilisation du glissement de terrain » du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées). Ainsi les calculs fournis visent une sécurité globale au glissement de l'ordre de 1,5 alors qu'il suffirait d'atteindre une sécurité de l'ordre de 1,2 à 1,3 pour stabiliser le site. La démarche Eurocode 7 adaptée à un contexte d'ouvrages neufs, est ici inadaptée et devrait conduire à une surestimation coûteuse des confortements nécessaires. Fort heureusement, nous avons vu que l'absence de calage géotechnique des caractéristiques de cisaillement conduisait à une surestimation de ces caractéristiques et à une surestimation de la sécurité initiale de l'ordre de 20 %. Ces deux maladresses viennent ici se neutraliser puisque cela conduit in fine à une sécurité réelle de l'ordre de 1,25 (1,5/1,2) se rapprochant des recommandations du Guide technique mentionné plus haut (la surestimation des confortements nécessaires venant heureusement contrebalancer l'effet sous dimensionnant de la surestimation des caractéristiques de cisaillement des sols).
- Le projet de confortement du versant n'est pas suffisamment explicité. Les notes de calcul détaillent la justification de la purge prévue et le reprofilage à 11-13° du versant supérieur à proximité des parois clouées, mais n'étudient pas suffisamment la stabilité à l'aval du versant. Par ailleurs le principe de déchargement avec reprofilage de la pente à 11-13° n'est pas véritablement convaincant si l'on retient par calage que l'angle de frottement des argiles est de 21° et que la nappe peut être subaffleurante en base de versant.

En effet pour un versant de pente b , constitué d'un matériau d'angle f saturé d'eau, le coefficient de stabilité est donné par $F=0,5 \tan f / \tan b$ ce qui donne une sécurité globale tout juste égale à 1 pour un versant reprofilé à 11° avec nappe affleurante, cela correspond à une situation précaire de stabilité. Enfin, si la nappe est captive, le déchargement prévu en partie basse de versant risque de se traduire par une déstabilisation accrue du versant (accompagné d'un risque accru de coulée boueuse) comme en atteste le calcul Talren suivant ($F=0,97$) :



- Concernant les parois clouées, les essais de traction sur clous réalisés sont des essais à vitesse constante et n'intègrent donc pas d'essais avec palier de chargement permettant d'évaluer les phénomènes de fluage envisageables dans des formations argileuses. On notera à ce propos qu'une partie des forages a été réalisée à l'eau ce qui peut entraîner une altération du contact avec le clou.

4.1.5.2. Aléa résiduel coulée boueuse

Les volumes constatés ne nous semblent pas compatibles avec l'extension de la coulée boueuse potentielle esquissée par le BRGM.

Cette extension n'a d'ailleurs pas fait l'objet d'une étude approfondie et est d'après le BRGM purement indicative (cf carte suivante).

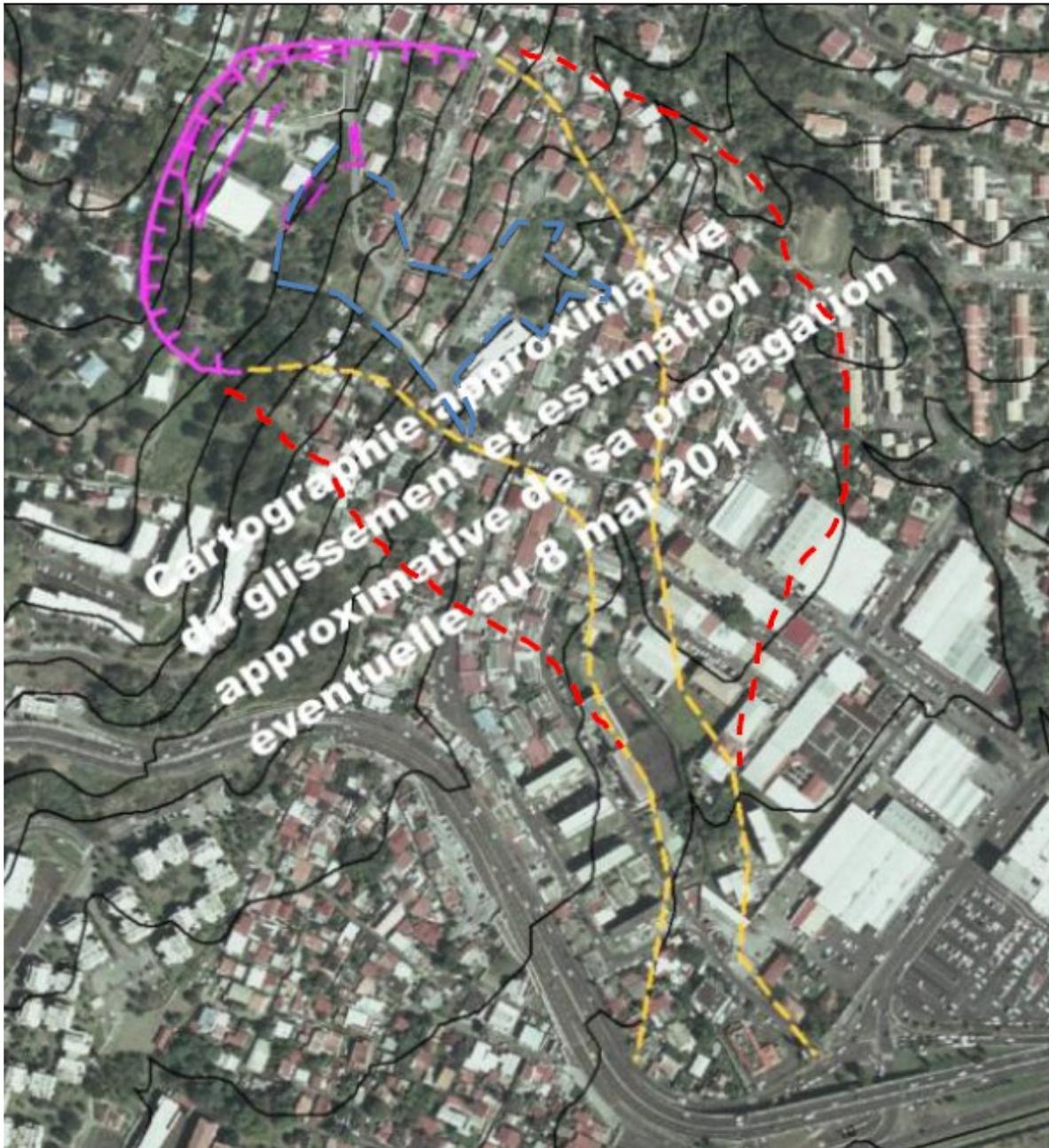


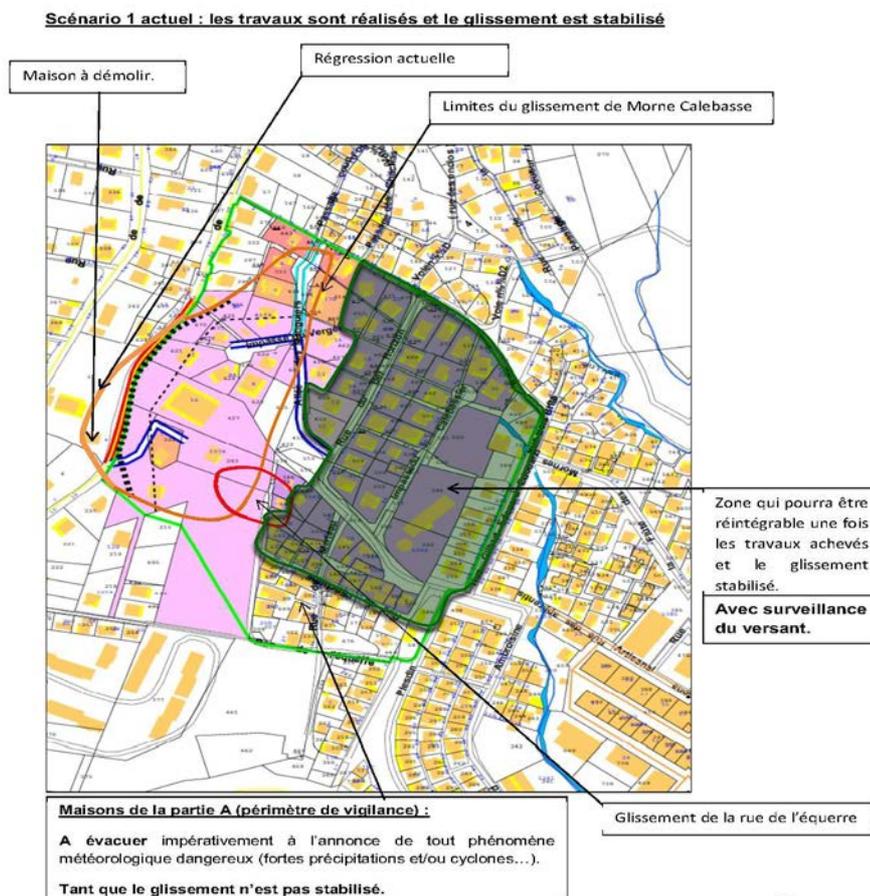
Figure 6 : carte schématique de la propagation du glissement vers l'aval

(CR BRGM du 3 août 2011) avec l'emprise de la coulée de boue du 2 août 2011 (en bleu).

Cette carte délimiterait de manière schématique une enveloppe très approximative de la propagation du glissement et de la coulée boueuse (estimation purement naturaliste) « s'il venait à rompre en tête du phénomène, avec un volume approximatif de référence (enveloppe orange) et un volume extrême (enveloppe rouge) ». Il est précisé dans le compte rendu que « la réalisation de mesures et de sondages par un BE permettra de contraindre au fil des jours cette cartographie provisoire et approximative ».

Nous pensons in fine que ces deux extensions sont trop pessimistes. En effet l'enveloppe orange représente une surface de près de 7 hectares et l'enveloppe rouge près de 11,5 hectares. Ces deux extensions ne peuvent correspondre à l'extension du glissement de terrain dont l'emprise actuelle représente seulement 2,4 hectares sauf à considérer une progression considérable du glissement vers l'aval. De même, l'analyse conduite montre que ces extensions ne peuvent correspondre à la propagation de la coulée boueuse dont le volume maximal peut être raisonnablement estimé à moins de 5 000 m³ (avec une emprise au sol de l'ordre d'un hectare) si l'on réalise des travaux (de drainage et stabilisation) et 15 000 m³ (soit une emprise au sol de l'ordre deux à trois hectares) en absence de tout confortement et pour un phénomène météorologique extrême.

Malheureusement les deux scénarios définissant les zones d'évacuation et de vigilance envisagées par la ville reposent sur l'extension indicative et maximaliste des phénomènes esquissée par le BRGM. Cette démarche conduit à des zones d'évacuation et de vigilance excessivement sécuritaires. Nous reproduisons ci-après, pour mémoire, les deux scénarios envisagés par la ville :



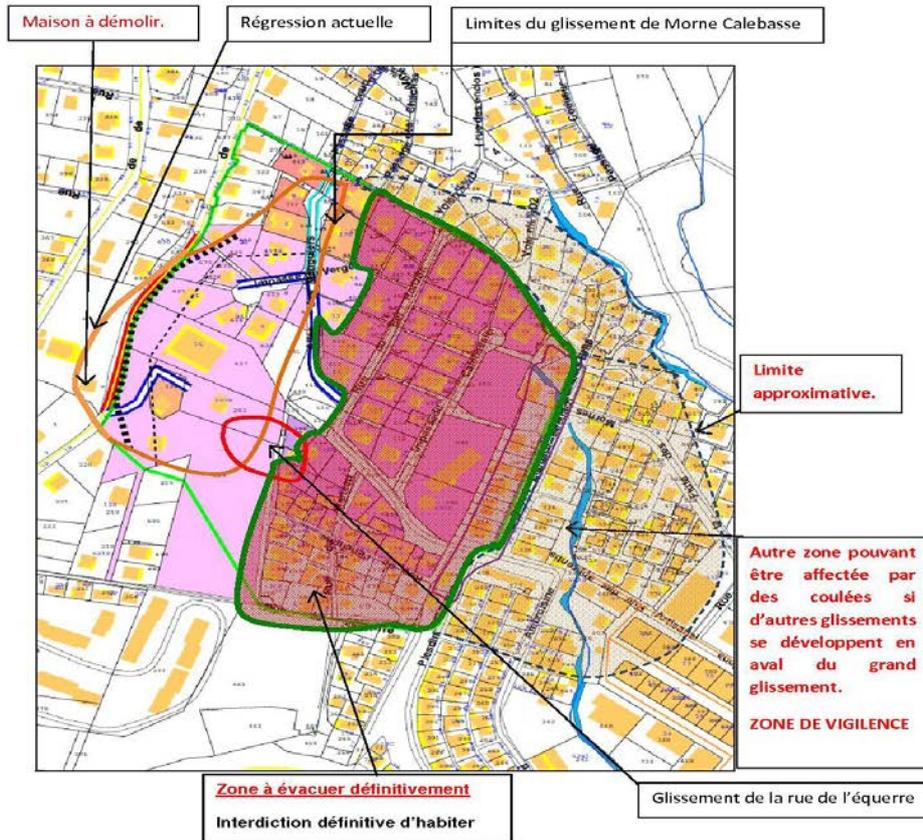
Agence Martinique : IMSRN - 1027 Morne Pavillon - Basse Gondeau - 97232 LE LAMENTIN

tél : 05 96 55 08 60 - fax : 05 96 55 08 59 - email : martinique@imsrn.com - www.imsrn.com

7/9

Scénario : 2

les travaux sont arrêtés et le glissement n'est donc pas stabilisé.



AgenceMartinique: IMSRN - 1027 MornePavillon - BasseGondeau -97232 LE LAMENTIN

5/6

tél : 05 96 55 08 60 - fax : 05 96 55 08 59 - email : martinique@imsrn.com - www.imsrn.com

4.1.5.3. Aléa chute de blocs

Lors de notre visite, nous avons été les témoins d'une chute de blocs issue de l'escarpement situé en amont immédiat du bourrelet de pied. Les blocs y sont localement en équilibre précaire plus ou moins emballés dans la formation d'argile à blocs. L'aléa glissement s'accompagne donc d'un aléa modéré chute de blocs qu'il convient de maîtriser vis-à-vis des enjeux à l'aval du glissement.



Chute de bloc constatée lors de notre visite sur site

4.1.6. Propositions

La figure 7 montre l'extension du glissement et les parcelles évacuées définitivement.

Il paraît raisonnable de compléter ce dispositif par l'expropriation de la parcelle 548 (en orange) ce qui permet de disposer à l'aval du pied de glissement d'une zone tampon homogène de l'ordre de 20 m par rapport aux habitations restantes.

Nous avons précédemment vu (cf paragraphe « 4. extension possible du glissement ») que le risque de progression du glissement vers l'aval était faible. Afin de fiabiliser cette analyse, nous recommandons la réalisation de 3 sondages inclinométriques supplémentaires permettant de compléter le modèle géotechnique à la base du glissement et de vérifier à l'aide d'un suivi inclinométrique de qualité (avec une analyse des incertitudes conforme aux règles de l'art) l'absence de tout frémissement inclinométrique à l'aval des zones expropriées. L'implantation des inclinomètres proposés est fournie en figure 7 (étoiles rouges). Cette démarche devrait permettre de montrer qu'il n'y a raisonnablement pas de risque d'extension du glissement vers l'aval. Par conséquent les enjeux résiduels (enjeux situés en dehors des zones à exproprier) ne sont pas directement concernés par l'aléa glissement et il n'y a donc pas lieu de prévoir des travaux complémentaires de type purge massive et reprofilage du versant, travaux coûteux et dont l'efficacité paraît encore incertaine. In fine, il suffirait de maîtriser parfaitement l'aléa coulée boueuse pour sécuriser les enjeux situés à l'aval du glissement.

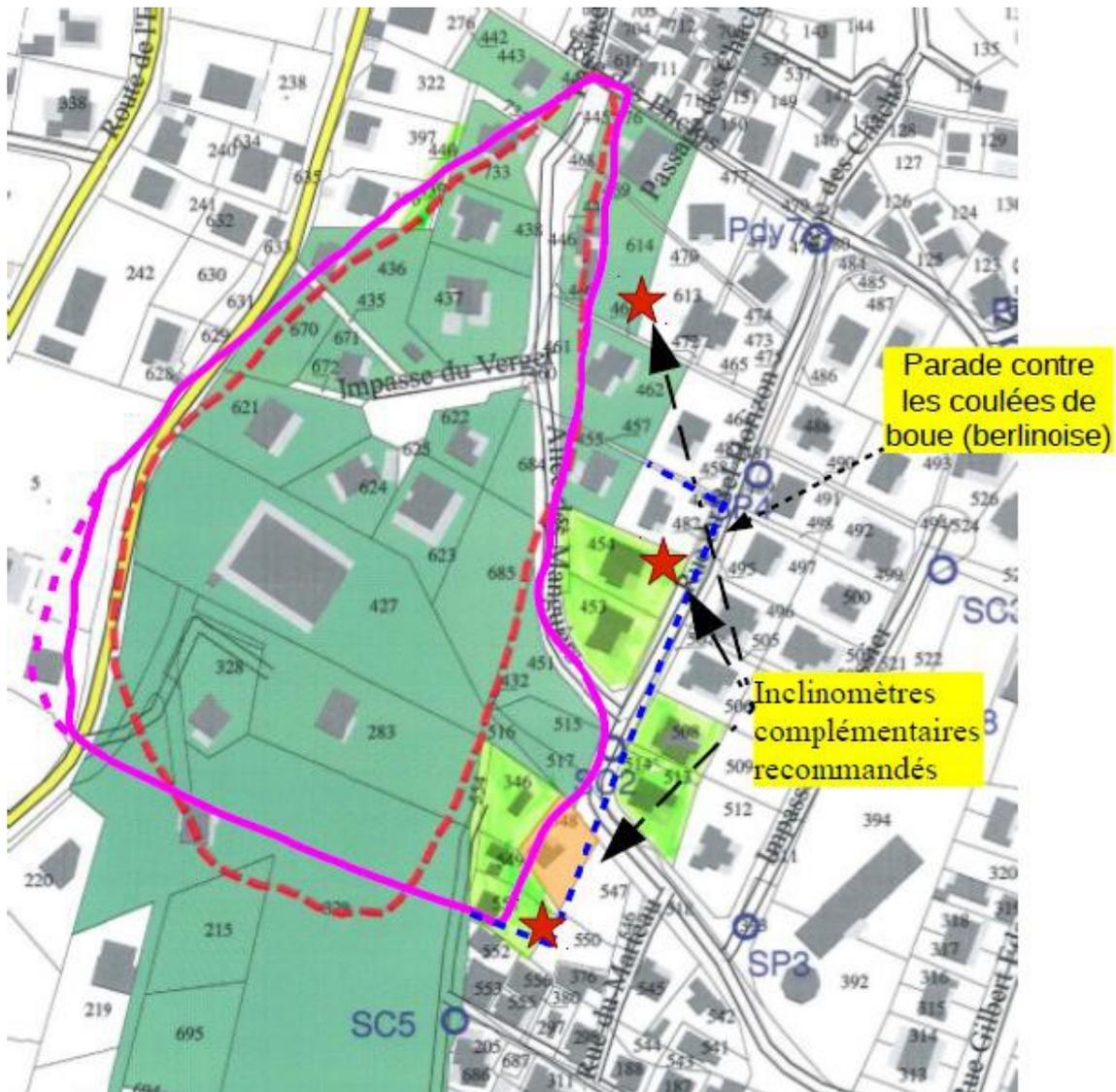


Figure 7 : contour du glissement principal proposé (en trait magenta continu) et parcelles expropriées (en vert foncé et en vert pomme).

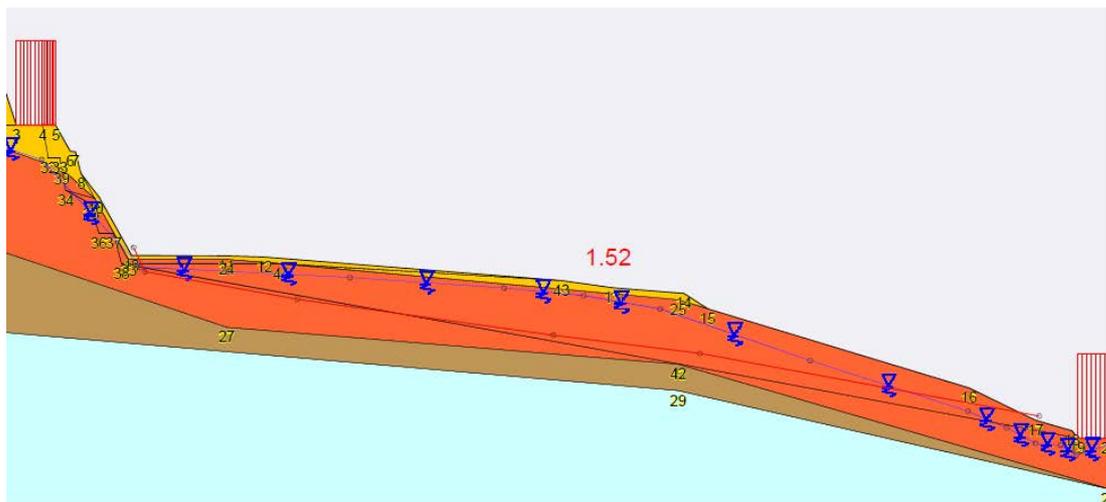
Nous détaillons donc ci après les dispositions recommandées pour la gestion de l'aléa résiduel « coulée boueuse » :

- réalisation d'un dispositif de parade de 3 à 4m de hauteur tel qu'un soutènement de type berlinoise (en bleu sur la figure précédente) qui permettrait de stocker les coulées boueuses au droit de la rue Bel Horizon et dans son prolongement vers la rue de l'équerre, en prenant soin de ménager un rideau en retour à chaque extrémité. La solution berlinoise est intéressante puisqu'elle permettrait à la fois l'écoulement naturel de l'eau, le renforcement de la butée de pied du glissement et minimise la surcharge dans le versant. Une alternative de type digue retenant la coulée de boue serait moins onéreuse mais limiterait le stockage de boue et paraît moins adaptée dans le contexte actuel compte tenu de la surcharge importante induite dans le versant. Elle pourrait toutefois être étudiée.

- réalisation d'un drainage par tranchées drainantes (de l'ordre de 4 m de profondeur) qui permettra de limiter l'aléa coulée boueuse en pied de versant et améliorera la stabilité du versant. Ce drainage devra être étudié sur la base d'une étude hydrogéologique complémentaire.
- Dans l'hypothèse d'une coulée boueuse résiduelle de 5000m³, la figure 7 illustre l'extension de la parade anti-coulée qui nous semble nécessaire. On voit dans la partie nord de la parade que la parcelle 456 n'est malheureusement pas sécurisée. Il conviendra d'étudier son expropriation ou une mesure alternative de sécurisation vis-à-vis de la coulée.
- Bien entendu, les solutions proposées ne constituent que des principes sécuritaires et sont vraisemblablement encore optimisables. Il convient notamment d'évaluer plus finement les volumes de coulées résiduelles une fois les travaux de sécurisation réalisés (clouages, drainage voire légers reprofilages) afin d'optimiser l'extension et le dimensionnement de l'ouvrage de parade nécessaire. On pourra vraisemblablement dans ce cadre réduire l'extension de la parade anti-coulée et ne pas exproprier la parcelle 456.

Dans le cas, peu vraisemblable, où le risque de progression du glissement vers l'aval serait jugé sérieux, la solution purge et reprofilage du versant redeviendrait pertinente mais devrait être optimisée et fiabilisée. En effet la solution proposée de purge du versant selon une pente de 11 à 13° nous paraît maximaliste et coûteuse, et par ailleurs basée sur des études insuffisamment étayées. Elle ne résout pas la problématique de stabilité en pied de versant en cas de nappe captive et se solderait alors par une accentuation possible du glissement. En effet la purge massive prévue est dangereuse en cas de nappe captive et apparaît excessive en cas de nappe libre rabattue :

- Il nous semble qu'une optimisation et fiabilisation du projet de confortement par reprofilage du versant est à privilégier. Cette optimisation bénéficierait du déchargement en tête lié à la création des parois clouées et consisterait en un léger reprofilage et déchargement du versant associé à un drainage soigné du pied (par un réseau de tranchées drainantes transversales et longitudinales de l'ordre de 4-5 m de profondeur). Il conviendrait de réaliser ces tranchées en période sèche. Cela suppose cependant de vérifier les possibilités de drainage en pied par tranchées profondes et de vérifier le contexte hydrogéologique notamment la présence ou pas de nappe captive. Nous donnons ci après une illustration du gain de sécurité potentiel (+50 %) en cas de léger reprofilage et de drainage réussi.



- nous recommandons fortement la réalisation d'études complémentaires (notamment une étude hydrogéologique) permettant d'évaluer les possibilités de drainage du glissement et d'évaluer l'impact d'un déchargement du versant (en cas de nappe captive). Cette étude pourrait être associée à la réalisation d'une tranchée drainante d'essai.

4.1.7. En conclusion

Le projet étudié repose sur un modèle géotechnique présentant encore des zones d'incertitudes notamment sur les aspects d'hydrogéologie à l'origine des phénomènes. Les confortements amont semblent raisonnablement adaptés à la sécurisation de la RD48 mais nécessitent un suivi piézométrique et un entretien régulier des systèmes de drainage afin de s'assurer de leur efficacité et du respect des hypothèses piézométriques prises pour leur justification.

En revanche, la solution de purge massive de versant projetée pour la stabilisation de la zone aval nous paraît excessive, si la nappe est libre, voire incertaine si la nappe est captive.

Nous recommandons de faire réaliser une étude hydrogéologique adaptée ainsi que d'étudier plus finement l'aléa de progression du glissement vers l'aval (peu ou pas analysé à ce jour).

Si cet aléa « progression » peut raisonnablement être écarté, il nous paraît possible d'envisager un traitement moins onéreux du problème, évitant notamment les purges massives du versant et se contentant d'améliorer le drainage en partie basse du glissement et de construire une parade contre les coulées boueuses (de type berlinoise par exemple). Cette solution à moindre coût focalisée sur les enjeux situés à l'aval du glissement permettrait à la fois de réduire les aléas glissement et coulée par drainage, de supprimer les effets induits par la coulée et in fine d'autoriser la réintégration rapide des foyers situés à l'aval du dispositif de parade (soit globalement à l'aval de la rue Bel Horizon) évacués depuis près de 2 ans aujourd'hui.

Dans le cas, peu vraisemblable, où il ne serait pas possible d'écarter cet aléa progression, la solution purge et reprofilage du versant redeviendrait pertinente. Dans ce cas, une optimisation des volumes à purger devra être privilégiée et la solution devra être fiabilisée. Cette optimisation devra être associée à des travaux de drainage profonds et si besoin à la construction d'une parade (par exemple de type digue ou

paroi berlinoise traitant l'aléa coulée de boue) au droit de l'impasse du Calebassier. Cela devrait également permettre la réintégration rapide des foyers et établissements recevant du public situés à l'aval de l'impasse du calebassier. La réintégration pourrait avoir lieu immédiatement après construction de la parade contre les coulées et avant la fin des travaux de confortement du glissement.

5. Glossaire des sigles et acronymes

<i>Acronyme</i>	<i>Signification</i>
ANRU	Agence nationale pour la rénovation urbaine
BRGM	Bureau de recherches géologiques et minières
DGF	Dotation globale de fonctionnement
DGPR	Direction générale de la prévention des risques
FEDER	Fonds européen de développement régional
FPRNM	Fonds de prévention des risques naturels majeurs
IMSRN	Ingénierie des mouvements de sol et des risques naturels
LBU	Ligne budgétaire unique
MGEN	Mutuelle générale de l'éducation nationale
PCI	Pôle de compétence et d'innovation des CETE
PNRU	Programme national de rénovation urbaine
PPRN	Plan de prévention des risques naturels
RHI	Résorption de l'habitat indigne
SEMAFF	Société d'économie mixte d'aménagement de Fort-de-France
SIDPC	Service interministériel de défense et de la protection civile

**Ministère de l'Écologie,
du Développement durable
et de l'Énergie**

**Conseil général de
l'Environnement
et du Développement durable**

7^e section – secrétariat général

bureau Rapports et
Documentation

Tour Pascal B - 92055 La
Défense cedex
Tél. (33) 01 40 81 68 73

