



Rapport d'expertise :

Expertise d'un glissement de terrain supposé sur le quartier de Mafoumboujou à M'tzamboro

BRGM/RP-62274-FR

Avril, 2013

Cadre de l'expertise :

Appuis aux administrations

Appuis à la police de l'eau

Date de réalisation de l'expertise : Avril 2013

Localisation géographique du sujet de l'expertise : M'tzamboro (Mayotte)

Auteurs BRGM : D. Tardy

Demandeur : DEAL de Mayotte

1.89 3740.46 -625.5



Géosciences pour une Terre durable

brgm

L'original du rapport muni des signatures des Vérificateurs et Approbateurs est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

Ce rapport est le produit d'une expertise institutionnelle qui engage la responsabilité civile du BRGM.

Ce document a été vérifié et approuvé par :

Approbateur :	
Nom : P. Puvilland	Date : 18/04/2013
Vérificateur :	
Nom : A. Rey	Date : 09/04/2013

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

Mots clés : appui administration - expertise – aléa – mouvements de terrain – Mafoumboujou - M'tzamboro – Mayotte

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

D. Tardy (2013) – Expertise d'un glissement de terrain supposé sur le quartier de Mafoumboujou à M'tzamboro, Rapport final. Rapport BRGM/RP-62274-FR. 32 p., 26 fig..

© BRGM, 2013, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Contexte :

Date de la formulation de la demande d'expertise au BRGM : 29 mars 2013

Demandeur : DEAL de Mayotte

Nature de l'expertise : Expertise d'un glissement de terrain

Situation du sujet : Quartier de Mafoumboujou sur la commune de M'tzamboro

Nature de l'intervention du BRGM :

- Visite de terrain le 8 mars 2013 par R. Coulomb et D. Tardy (BRGM de Mayotte).
- Visite de terrain complémentaire le 12 mars 2013 par D. Tardy (BRGM de Mayotte).
- Visite de terrain le 2 avril 2013 par A. Rey (BRGM de La Réunion), D. Tardy (BRGM de Mayotte), G. Lefebvre et P. Barret (DEAL de Mayotte, SEPR/RN).
- Réunion sur le terrain le 3 avril 2013 en présence de la DEAL de Mayotte (G. Lefebvre et M. Equoy), le BRGM (A. Rey et D. Tardy) et le maire de la commune de M'tzamboro.

Faits constatés :

Un particulier a signalé au BRGM des indices de glissements de terrain au niveau du quartier de Mafoumboujou sur la commune de M'tzamboro.

Des visites de terrain ont permis de confirmer ces informations.

Le site expertisé se situe sur un relief en forme de « langue topographique ». Les formations géologiques correspondent à des colluvions reposant sur un substratum non identifié. Par ailleurs, un cours d'eau pérenne se situe à la limite Est de la langue. Plusieurs glissements ponctuels anciens ont été recensés soit par les habitants de quartier, soit dans le rapport de S. Hachim, 2003.

Les principaux désordres observés au niveau du quartier sont les suivants :

- Fissuration de la plupart des bâtiments et de murs de soutènement le long des voiries ;
- Décalage centimétrique au niveau de murs d'habitat ou de murs de soutènement dans le sens de la pente ;
- Déformation au niveau d'un escalier : pendage jusqu'à 15° et marche cassée par compression ;
- Arrachement d'un caniveau et déplacement métrique de celui-ci ;
- Présence d'eau stagnante sur différents points du site et résurgence d'eau en aval.

Toutefois, aucuns indices naturels témoignant d'un glissement actif n'ont été identifiés.

Diagnostic du BRGM :

En l'état actuel des connaissances, deux hypothèses sont émises pour expliquer les désordres observés :

- **Des problèmes au niveau des assises des bâtiments combinés à des défauts de construction** : les formations géologiques étant de nature hétérogène (colluvions à blocs), des tassements différentiels peuvent se produire et être à l'origine des fissures. La présence d'une nappe d'eau en subsurface ainsi que des fuites sur les réseaux d'eaux (usées voire AEP à vérifier) sont des facteurs aggravants pouvant être à l'origine et/ou accélérer ce phénomène en modifiant le

comportant du sol. Les déformations au niveau de l'escalier menant à la plage peuvent être liées à l'action combinée des fortes pentes, de l'érosion des formations géologiques sous-jacentes et des faibles caractéristiques des formations en place.

- **Une zone de glissement réactivée ponctuellement, notamment suite à des épisodes pluvieux**, marquant les bâtiments de fissures et le site de glissements de terrain ponctuels. Dans ce cas, il serait probable que la zone de glissement se situe à l'interface entre les colluvions et le substratum rocheux ou se développe au sein du niveau colluvionnaire. Comme précédemment, la présence d'eaux souterraines constitue un facteur de prédisposition à ce type d'instabilité. Les différents désordres constatés sur le terrain sont espacés dans le temps, avec des glissements de terrain ponctuels (2003 et 2009). Un mécanisme de glissement lent peut expliquer les désordres et la survenance d'événements ponctuels tels que ceux identifiés. Dans le cas où cette hypothèse serait vérifiée (glissement lent), il ne peut être exclu qu'une accélération du glissement se produise et que des désordres plus significatifs apparaissent le cas échéant. Toutefois, cela semble peu probable à court terme.

Au vu de l'ensemble des observations issues de cette expertise, le quartier de Mafoumboujou ne semble pas exposé à un risque de mouvements de terrain à court terme (semaines à venir). Toutefois, en cas d'évolutions défavorables (progression des fissures dans le bâti notamment), les habitations, notamment la maison A et les trois cases SIM (cf. Figure 17), présentent un danger pour leurs occupants.

Recommandations du BRGM :

Au vu des observations et du diagnostic précédemment établis, le BRGM recommande :

En urgence :

- **Evacuer les maisons** fortement endommagées et/ou non dimensionnées pour résister à des contraintes de terrain (maison A et 3 cases SIM, cf. Figure 17).

Pour préciser le diagnostic :

- Surveiller la **progression des désordres sur le bâti** du quartier. Dans un premier temps, un appui administration pourrait être proposé pour réaliser ce suivi. En cas d'évolutions défavorables, une nouvelle expertise devra être menée afin d'adapter les mesures de sécurisation. La surveillance du secteur est à mener régulièrement, sans limitation de durée pour le moment. Il sera avantageusement disposé des repères de part et d'autres de fissures connues sur le bâti du secteur, en différents points avec des mesures régulières (2 à 3 fois par an dans un premier temps) ;
- Mettre en place un **suivi géodésique** du secteur via la pose de points de repères pérennes au droit et aux abords du quartier (une dizaine de points suffiront dans un premier temps). Le suivi du déplacement est à mettre en place dès que possible. Le BRGM recommande dans un premier temps, la réalisation de 3 relevés, calés suivant le rythme hydrologique (mai 2013, décembre 2013 et mai 2014). Un bilan comparatif des déplacements mesurés devra être effectué après chaque relevé. Cela permettra de préciser la présence d'un mécanisme de type glissement. La poursuite du suivi géodésique sera évaluée à l'issue de la première année de suivi ;
- Réaliser une **inspection des réseaux d'eaux** du secteur : pluviales, AEP, EU afin de préciser la présence éventuelle de fuite et/ou de dysfonctionnement afin d'y remédier dès que possible le cas échéant.

A l'issue de ces mesures, l'origine des désordres sera précisée (glissement de terrain probable ou pas). Dans l'hypothèse d'un glissement actif, les mesures complémentaires suivantes sont recommandées. Ces mesures seront précisées selon les premiers résultats du suivi :

- Réaliser des profils sismiques afin de déterminer la géométrie des couches géologiques (épaisseur des formations, pendage...) ;

- Réaliser des sondages afin de déterminer la nature et l'épaisseur des formations géologiques en place. L'objectif consistera notamment à identifier la profondeur du substratum (et par conséquent l'épaisseur des colluvions) ;
- Mettre en place des piézomètres pour préciser la présence d'eaux souterraines et le cas échéant suivre l'évolution de ces niveaux.

Ces éléments permettront de qualifier le risque de mouvements de terrain et de proposer des solutions pour sécuriser la zone. A ce stade, toutes mesures visant à limiter l'infiltration d'eau dans les formations en place est à adopter avec cependant une attention particulière à la lutte contre l'érosion, notamment aux exutoires.

Sommaire

1. Contexte de l'étude	9
2. Situation du site.....	9
2.1 LOCALISATION.....	9
2.2 CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE.....	10
2.2.1. Contexte morphologique.....	10
2.2.2. Contexte géologique général.....	11
2.2.3. Contexte géologique au droit du site	13
2.2.4. Contexte hydrologique.....	15
3. Historique 15	
3.1 AMENAGEMENT DU QUARTIER ET DES ABORDS	15
3.2 HISTORIQUE CONNU DES DESORDRES.....	16
4. Faits constatés	18
4.1 DESORDRES OBSERVES	18
4.1.1 Indices naturels de terrain	18
4.1.2 Réseaux AEP/EU/EP	18
4.1.3 Hydrogéologie.....	19
4.1.4 Habitats.....	21
4.1.5 Limite Ouest de la langue.....	24
4.1.6 Limite Est de la langue	25
4.1.7 Synthèse.....	25
5. Diagnostic 29	
6. Conclusion et recommandations.....	30

Liste des figures

<i>Figure 1 – Localisation du secteur d'étude. Extrait du scan 25 de l'IGN.....</i>	9
<i>Figure 2 – Topographie (courbes de niveau - équidistance 1m) d'après traitement MNT 2008 © IGN. En jaune : délimitation de la « langue topographique », en bleu : axes de ruissellement, en rouge : investigations réalisées par SEGC, 2011 En vert : secteurs sans désordres particuliers identifiés en surface (zones non signalées par les représentants de la commune comme présentant des désordres). Fond : Orthophotos 2011 © de l'IGN.</i>	10
<i>Figure 3 – Extrait de la carte géologique du BRGM, 2013. Fond Scan25 de l'IGN. Courbes de niveau 10 m.</i>	11
<i>Figure 4 – Localisation des points de sondage issus de la campagne héliportée TDEM.....</i>	12
<i>Figure 5 – Modélisation 3D de la résistivité du secteur expertisé.</i>	13
<i>Figure 6 – Affleurement de colluvions à blocs de taille décimétrique à centimétrique.....</i>	14
<i>Figure 7 – A gauche, bloc métrique au niveau des cases SIM. A droite, blocs de taille métrique au niveau du lit de la ravine Est.</i>	14
<i>Figure 8 – A gauche, photographie du cours d'eau situé à l'Est de la zone d'étude.</i>	15
<i>Figure 9 – Evolution de l'occupation urbaine à partir des orthophotos de l'IGN de 2003, 2008 et 2011.</i>	16
<i>Figure 10 – Photographie du glissement de terrain de 2003 au niveau de la RN au-dessus du quartier de Mafoumboujou. Photographie issue du rapport de S. Hachim, 2003.....</i>	17
<i>Figure 11 – Vue sur la zone glissée en arrière du restaurant.</i>	17
<i>Figure 12 – Dépôts de matériaux fins produits par le ruissellement des eaux pluviales.</i>	18
<i>Figure 13 – Zones présentant de l'eau stagnante. Localisation des photographies B, C et D sur la Figure 26</i>	19
<i>Figure 14 – Puits en aval de la maison A fissurée avec raccord entre la maison et le puits.</i>	19
<i>Figure 15 - A droite, zone de résurgence d'eau avec présence de songes, point A de la Figure 26</i>	20
<i>Figure 16 – Données pluviométriques journalières du 25/03/2013 au 03/04/2013 pour la station de M'tzamboro. Données Météo-France.</i>	21
<i>Figure 17 – Localisation des habitats présentant de nombreux désordres et qui sont développés dans la suite de l'expertise. Fond cadastral 2008.</i>	21
<i>Figure 18 – Maison A localisée en Figure 26, au centre du quartier, présentant de nombreuses fissures et déformations.</i>	22
<i>Figure 19 – Désordres observés au niveau de la maison A.....</i>	22
<i>Figure 20 – Désordres observés au niveau du faré.</i>	23
<i>Figure 21 – A gauche, ancienne maison SIM qui se serait écroulée. A droite, fissuration des maisons SIM.</i>	23
<i>Figure 22 – Escalier menant à la plage de Foubouni. Un pendage est observé ainsi qu'une marche cassée par compression. La photographie de droite montre l'état de la partie inférieure de l'escalier.</i>	24
<i>Figure 23 – Caniveau qui a été arraché et qui a glissé sur quelques mètres.</i>	24
<i>Figure 24 – Fissures observées au niveau des murs de soutènement mis en place par la commune le long des voiries.....</i>	25
<i>Figure 25 – Déformation observée au niveau de la voirie longeant un mur de soutènement.....</i>	25
<i>Figure 26 – Synthèse des désordres identifiés sur le quartier et des points clefs de l'expertise. En bleus sont identifiées les zones où de l'eau a été repérée. En jaune, la langue « topographique ».....</i>	27

1. Contexte de l'étude

Un particulier a signalé oralement au BRGM des indices de glissements de terrain au niveau du quartier de Mafoumboujou sur la commune de M'tzamboro courant février 2013. Une première reconnaissance de terrain a été réalisée par le BRGM les 8 et 12 mars 2013 qui a permis de vérifier ces informations.

Suite à cette première visite, étant donné les désordres significatifs relevés sur les maisons d'habitations du quartier, le BRGM a informé la Préfecture (SIDPC) et la DEAL de Mayotte afin d'effectuer une expertise en urgence dans le cadre d'un Appui aux Administrations.

Dans ce cadre, la DEAL a sollicité officiellement le BRGM, qui a réalisé l'expertise du quartier les 2 et 3 avril 2013, en présence de :

- la DEAL de Mayotte représentée par G. LEFEBVRE et P. BARRET ;
- le maire et des représentants de la commune de M'tzamboro : SOUMAILA MOHAMADI (Maire), YOUSSEF MOUSSA (1^{er} adjoint), SAIDTAVA NABOUHANI ABDALLAH (5^{ème} adjoint), ABDALLAH SULDINE (DST), BOTRA SAINDOU (Technicien) ;
- le BRGM était représenté par A. REY du BRGM de La Réunion et D. TARDY du BRGM de Mayotte.

2. Situation du site

2.1 LOCALISATION

Le secteur d'étude se situe à l'Ouest du village de M'tzamboro dans le quartier de Mafoumboujou, appelé également M'tzamboro Ouest. La commune de M'tzamboro se situe au Nord-Ouest de Mayotte à environ 20 km de Mamoudzou.

Le secteur se localise entre la plage de Foubouni et la route nationale. Néanmoins le secteur expertisé s'est étendu également en amont de la RN afin de vérifier l'étendue du phénomène.

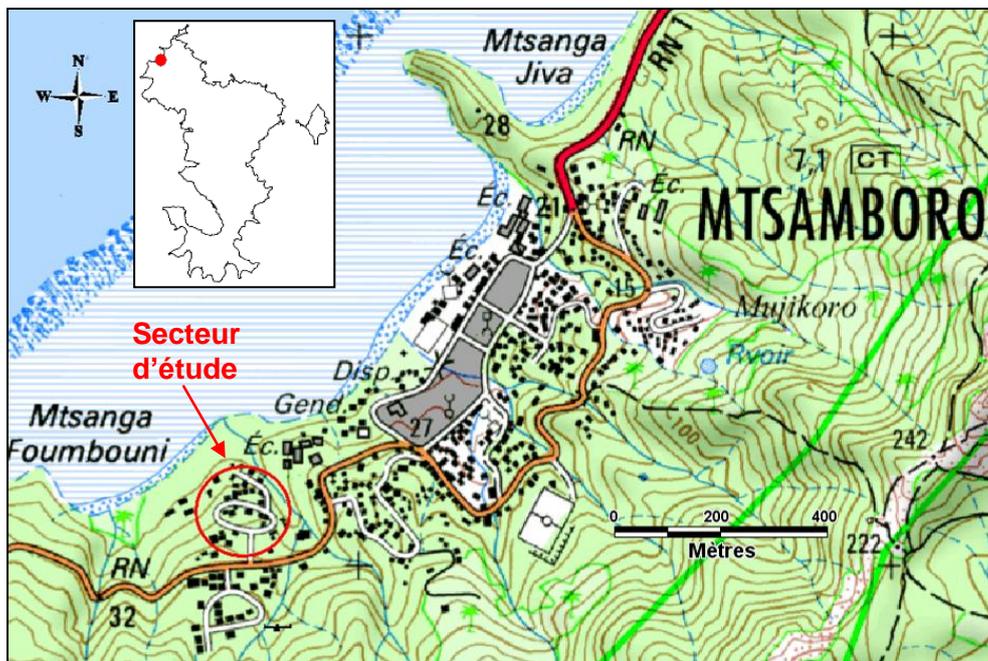


Figure 1 – Localisation du secteur d'étude. Extrait du scan 25 de l'IGN.

2.2 CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE

2.2.1. Contexte morphologique

Le terrain étudié se situe au niveau d'un relief en forme de « langue topographique » dont l'axe est orienté Nord Sud (cf. Figure 2). Les altitudes minimale et maximale concernant cette langue sont de 10 m, au front de cette particularité topographique et de 45 m, au niveau de la RN à l'amont. La pente moyenne de la partie sommitale de la langue est inférieure à 10°. Cette langue topographique a une superficie moyenne d'environ 0,02 km² (soit 2 ha)

Un axe de ravinement longe la partie orientale de la langue.

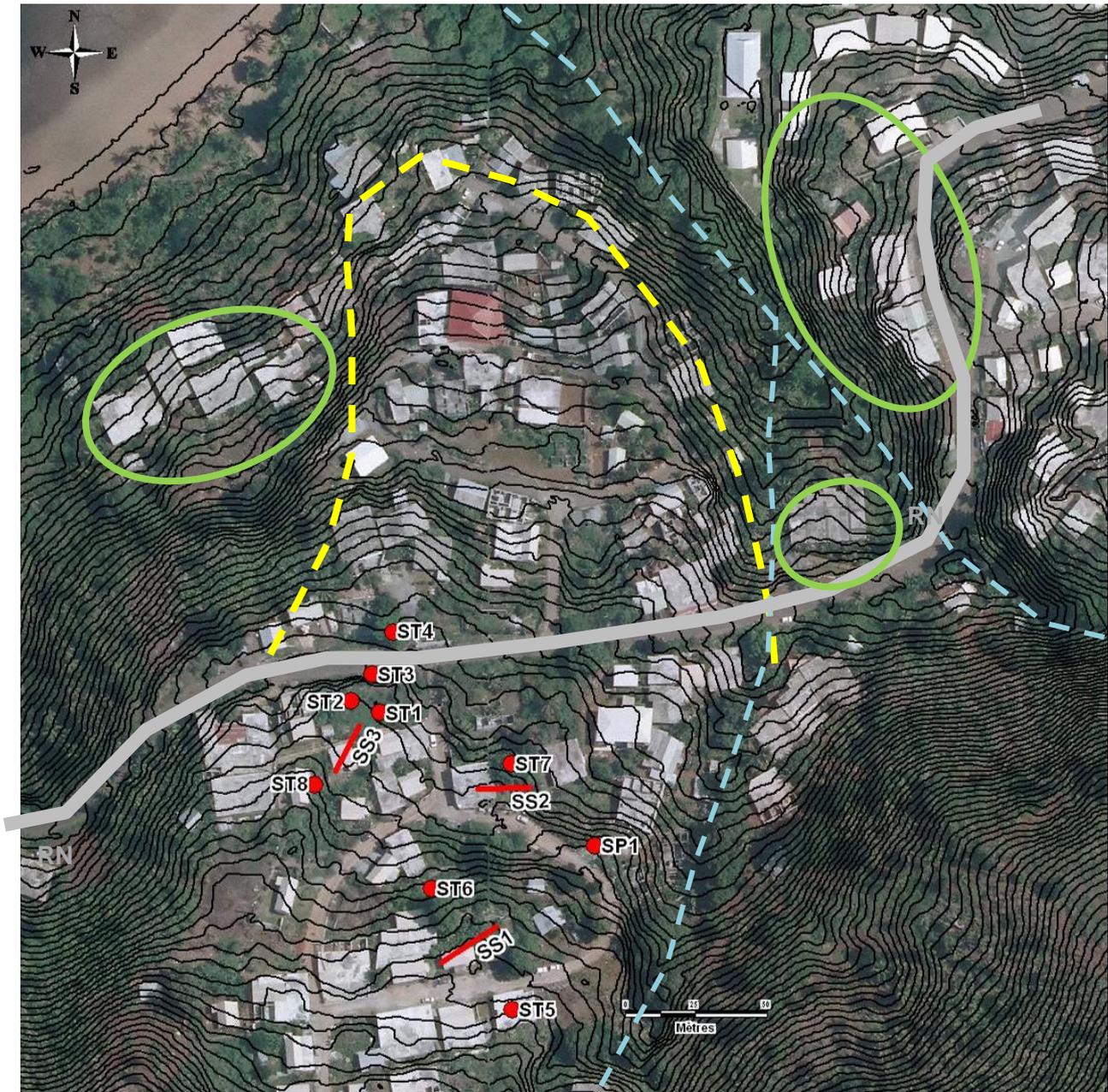


Figure 2 – Topographie (courbes de niveau - équidistance 1m) d'après traitement MNT 2008 © IGN. En jaune : délimitation de la « langue topographique », en bleu : axes de ruissellement, en rouge : investigations réalisées par SEGC, 2011 En vert : secteurs sans désordres particuliers identifiés en surface (zones non signalées par les représentants de la commune comme présentant des désordres). Fond : Orthophotos 2011 © de l'IGN.

2.2.2. Contexte géologique général

➤ Carte géologique

Le site expertisé est dominé par le versant Hachiroungou culminant à 496 m. Sur son flanc Nord, dominant la zone d'étude, des dépôts d'éroulement (éboulis) se sont mis en place sur des formations basaltiques plus ou moins altérées. Les colluvions identifiées au droit de la zone d'étude sont probablement le produit de ces matériaux remaniés.

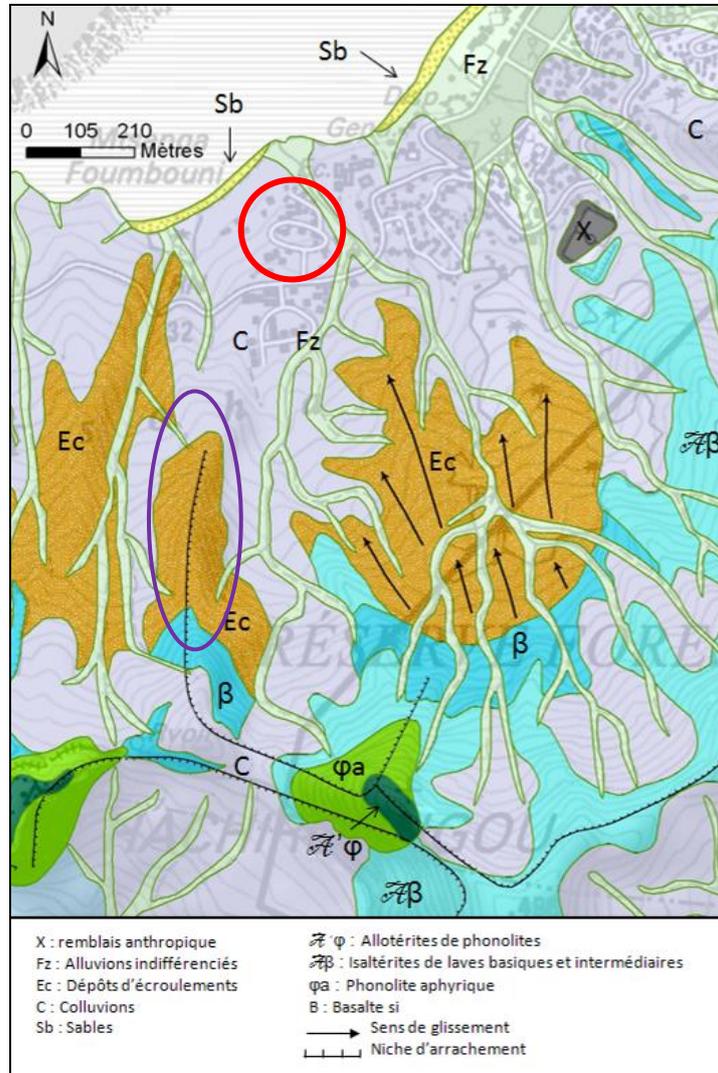


Figure 3 – Extrait de la carte géologique du BRGM, 2013. Fond Scan25 de l'IGN. Courbes de niveau 10 m.

Les données recensées dans la BSS concernent uniquement le village de M'tzamboro, dont les données sont situées à 500 m du secteur expertisé. Aucune donnée n'est répertoriée au niveau du secteur d'étude et plus généralement au niveau du versant Nord du relief (Hachiroungou), hormis les données SEGC concernant le lotissement à l'amont de la RN, présentées dans les paragraphes suivants.

➤ Données géophysiques de la campagne TDEM

En 2010, une campagne de géophysique hélicoptérée d'électromagnétisme a été par le BRGM et la DEAL permettant d'obtenir les variations de résistivité jusqu'à une profondeur pouvant atteindre 250 m. Ces valeurs de résistivités peuvent renseigner sur la nature de la roche et les épaisseurs des formations en croisant les données avec des observations de terrain ou des logs géologiques.

Aucune donnée de sondage TDEM n'est disponible au droit du secteur expertisé (cf. Figure 4) du fait notamment des contraintes liées à l'urbanisation, limitant la couverture géophysique du territoire. Néanmoins, une vision qualitative d'ensemble peut être réalisée à l'échelle du versant (cf. Figure 5). Afin

d'obtenir une visualisation optimale de la résistivité, l'échelle de couleur a été adaptée aux valeurs au droit de la zone étudiée avec l'application d'une échelle logarithmique.

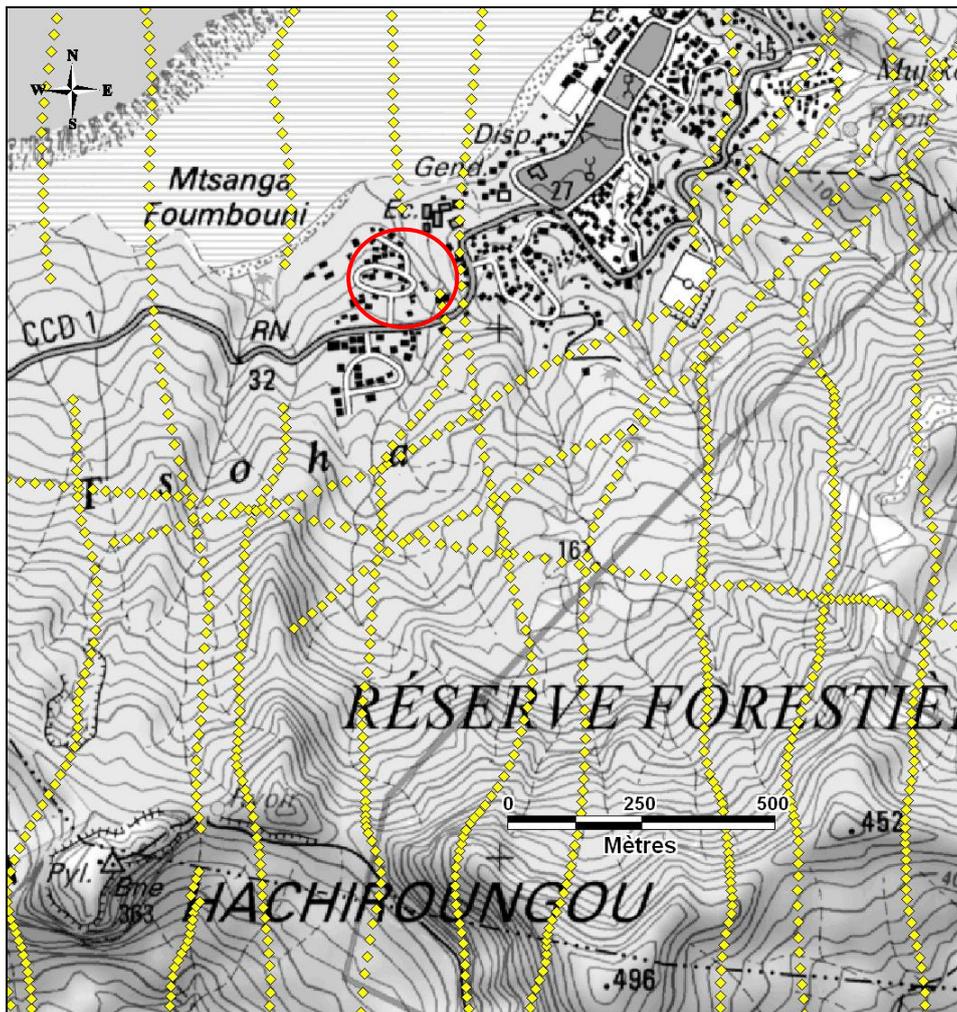


Figure 4 – Localisation des points de sondage issus de la campagne hélicoptérée TDEM.

D'après la coupe de résistivité (au premier plan), les roches de très bonne qualité ($> 150 \Omega.m$) au niveau du versant sont rencontrées à plus de 40 m de profondeur. La modélisation met en avant par les valeurs de résistivité relativement forte (autour de $100 \Omega.m$) et par la topographie un potentiel dépôt d'éroulement (zone d'accumulation de blocs type cône d'éboulis). Son axe est Nord Sud et sa terminaison est à proximité du secteur expertisé (cf. Figure 5). Cette formation est identifiée en violet sur la carte géologique de la Figure 3.

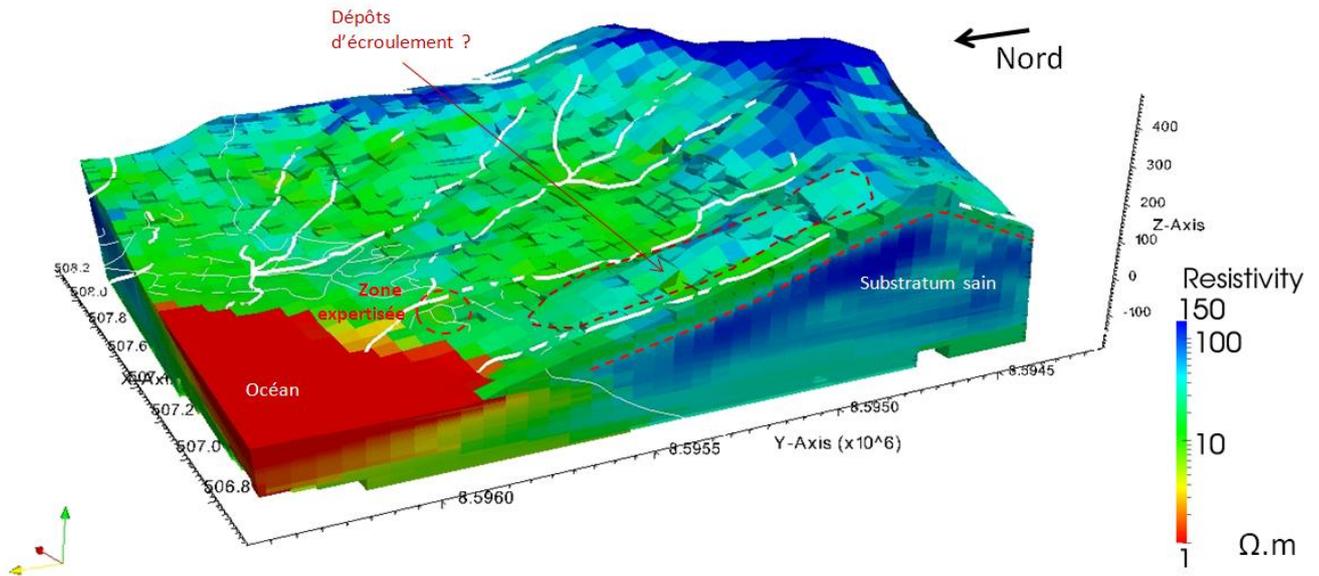


Figure 5 – Modélisation 3D de la résistivité du secteur expertisé.

2.2.3. Contexte géologique au droit du site

Au droit du quartier de Mafouboujou (secteur expertisé) :

Les formations géologiques observées lors de l'expertise de terrain, au droit du secteur expertisé, correspondent à des colluvions à blocs (cf. Figure 6). Ces formations présentent des blocs anguleux à ponctuellement arrondis de taille centimétrique à décimétrique, plus rarement métrique, compris dans une matrice marron limoneuse.

De nombreux blocs de taille métrique sont repérés en subsurface sur l'ensemble du quartier.

Aucun affleurement différent ou contact avec une formation sous-jacente n'a été identifiée au droit du quartier.

Les observations géologiques effectuées aux abords de la « langue topographique », notamment au niveau de l'axe de ravinement à l'est, confirme l'épaisseur significative de ces formations colluvionnaires (au moins 10 m). La rive gauche de cette ravine présente des colluvions sur toute la hauteur. De nombreux blocs de taille métrique sont présents dans le lit de la ravine.

Aucun substratum rocheux n'a pas pu être identifié sur le terrain au droit du quartier. Cependant, les observations du lit de la ravine à l'est montrent un lit pavé de gros blocs rocheux, voire ponctuellement des affleurements rocheux (gros bloc ?, substratum ?).



Figure 6 – Affleurement de colluvions à blocs de taille décimétrique à centimétrique.



Figure 7 – A gauche, bloc métrique au niveau des cases SIM. A droite, blocs de taille métrique au niveau du lit de la ravine Est.

Quartier à l'amont de la RN (Madiana Ouest) :

Une étude géotechnique a été réalisée en 2001 par SEGC¹ pour le quartier de Madiana Ouest, situé en amont du secteur expertisé. Dans cette étude, 8 sondages à la tarière (ST) ont été réalisés ainsi que 3 profils de sismique réfraction (SS) qui sont localisés sur la Figure 2.

Les sondages à la tarière ont atteints 2 m de profondeur au maximum et indiquent des formations homogènes dont la description faite par le bureau d'études confirme la présence de niveaux colluvionnaires. Celles-ci sont identifiées comme des sols ferrallitiques dont la description est la suivante : limon argilo-sableux à structure polyédrique devenant plus argileux en profondeur. A noter que dans l'identification des faciès l'argilosité augmente avec la profondeur. Aucune venue d'eau n'a été repérée lors de ces sondages (réalisés en saison sèche, juillet 2011).

¹ SEGC Mayotte. Madiana Ouest. Assainissement Autonome. Dossier n°168. 2001.

Les profils sismiques ont mis en évidence 3 niveaux géologiques d'après les vitesses sismiques en amont du secteur expertisé :

- Profondeur ↓
- Un niveau en sub-surface de 330 m/s sur 1,4 m d'épaisseur maximum. Ce niveau correspondrait aux colluvions à blocs.
 - Un niveau de 490 m/s d'au moins 4,2 m d'épaisseur. Ce niveau pourrait correspondre soit à des colluvions plus argileuses ou à des altérites.
 - Un niveau inférieur de 990 m/s dont le toit a été identifié pour le profil SS2 à 5,6 m de profondeur. Il pourrait s'agir d'altérites. Le substratum ne serait pas atteint.

2.2.4. Contexte hydrologique

Un cours d'eau pérenne est localisé à l'Est du secteur d'étude. De nombreux blocs arrondis de taille décimétrique à métrique sont présents dans son lit. Celui-ci (lit mineur) a une largeur moyenne de 2 m environ. Ses berges sont constituées des formations colluvionnaires identifiées sur le site d'étude. Ces formations sont directement en contact avec les formations alluvionnaires.



Figure 8 – A gauche, photographie du cours d'eau situé à l'Est de la zone d'étude.

3. Historique

3.1 AMENAGEMENT DU QUARTIER ET DES ABORDS

Les orthophotos de 2003, 2008 et 2011 de l'IGN permettent d'apprécier l'évolution de l'urbanisation du quartier dans le temps (cf. Figure 9). Il est constaté qu'entre 2008 et 2011 il n'y a quasiment aucune nouvelle construction. En revanche en 2003, deux zones étaient inoccupées : Madiana haut et à l'entrée du quartier de Mafoumboujou (cf. en rouge sur la Figure 9). A noter la « disparition » d'une case SIM en 2008 (en jaune sur la Figure 9).



Figure 9 – Evolution de l'occupation urbaine à partir des orthophotos de l'IGN de 2003, 2008 et 2011.

3.2 HISTORIQUE CONNU DES DESORDRES

Afin d'apprécier le glissement de terrain supposé, une comparaison par superposition des orthophotos a été réalisée. Toutefois, des décalages systématiques pour l'ensemble de l'île ont été constatés. Ce problème pourrait être lié à un problème de correction de l'angle de prise de vue. Par conséquent, cette approche n'a pas pu aboutir.

Un travail de synthèse des risques naturels à Mayotte produit en 2003 par S. Hachim² expose un événement de mouvements de terrain survenu dans le quartier de Mafoumboujou. Dans son interprétation, le glissement de terrain aurait été activé par des activités d'origine anthropique : nouveau lotissement en construction en amont ne comportant aucune gestion des eaux pluviales et mise en place d'une route en travers de la langue topographique avec une augmentation du trafic.

Le glissement se situait au niveau de la route nationale (pas de localisation précise du site), la niche d'arrachement s'étendait sur 200 m d'après l'étude de S. Hachim (cf. Figure 10).

² S. Hachim, 2003. Synthèse des risques naturels à Mayotte : Approche historique et situation actuelle.

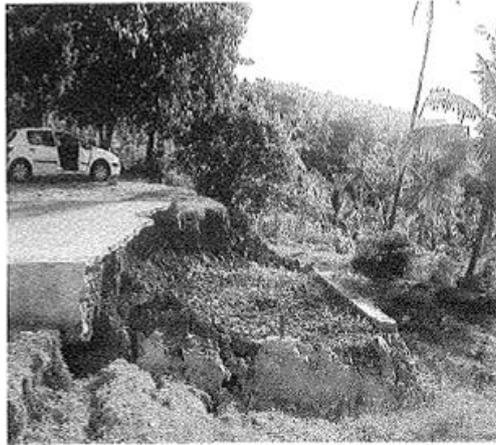


Figure 10 – Photographie du glissement de terrain de 2003 au niveau de la RN au-dessus du quartier de Mafouboujou. Photographie issue du rapport de S. Hachim, 2003.

Il évoquait également un mouvement de terrain qui aurait détruit 6 habitations dans le quartier en décembre 2002. Ce document ne comporte pas plus de précisions sur cet évènement.

Un mouvement de terrain plus récent a été communiqué par un habitant du quartier. Celui-ci se serait produit en 2008 d'après les informations recueillies. Il se situe à l'arrière d'un restaurant (cf. Figure 11). Les traces de ce glissement de terrain ne sont aujourd'hui plus visibles du fait de la végétation dense qui s'est développée. Néanmoins, le particulier a estimé que la niche d'arrachement s'étendait sur une dizaine de mètres de large, soit sur toute la longueur du bâtiment.



Figure 11 – Vue sur la zone glissée en arrière du restaurant.

Une case SIM, localisée au centre du quartier, se serait écroulée en 2008 (ou avant) d'après l'orthophotos. Cet évènement serait principalement lié à une malfaçon de la construction (il s'agit des premiers types d'habitats de Mayotte dont les structures étaient assez sommaires).

4. Faits constatés

4.1 DESORDRES OBSERVES

4.1.1 Indices naturels de terrain

La végétation et l'urbanisation du secteur a limité les observations. En premier abord, aucun indice naturel particulier à la surface du sol n'a été identifié tels que des fissures, des zones tassées ou bosselées ou encore de niches d'arrachement. Aucun signe de glissement actif n'a été identifié hormis les désordres au niveau des habitats.

Les désordres identifiés et détaillés ci-dessous se concentrent sur la langue « topographique ». Les secteurs proches (cf. figure 2) ne présentent pas de désordres particuliers.

4.1.2 Réseaux AEP/EU/EP

De nombreuses zones comportant de l'eau stagnante ont été identifiées (cf. Figure 13). L'origine de cette eau n'a pas été identifiée (fuite de réseaux AEP/EU enterrés ? résurgence naturelle ?).

Nos observations tendent à montrer une aptitude des terrains à l'infiltration limitée en surface, avec une part prépondérante au ruissellement, du fait vraisemblablement de la nature limoneuse, voire argileuse de la matrice composant les colluvions.

Par ailleurs, des désordres ont été constatés au niveau d'un réseau d'assainissement de collecte des eaux usées du quartier situé à l'amont de la RN. On observe une bouche d'égout qui déborde laissant ruisseler de l'eau impropre sur la chaussée. D'après les informations transmises par la commune, le quartier dispose d'un réseau d'assainissement mais celui-ci ne comporte pas d'exutoire (travaux non réalisés). Les témoignages recueillis auprès de la commune indiqueraient qu'un particulier du quartier serait relié à ce réseau. Cela implique que d'autres habitants ont pu se relier au réseau et le faire déborder entraînant une saturation préférentielle des terrains, ce qui constitue un élément défavorable à la stabilité des terrains en place, d'autant plus que ce désordre se situe à l'amont de la zone de glissement supposée active.

Les observations au droit du quartier montrent également des défaillances du réseau de gestion des eaux pluviales avec des débordements ponctuels lors de fortes pluies et la présence de points bas favorisant l'atterrissement de matériaux fins (cf. Figure 12).



Figure 12 – Dépôts de matériaux fins produits par le ruissellement des eaux pluviales.

4.1.3 Hydrogéologie

Les visites de terrain réalisées les 02 et 03 avril 2013 ont suivi un évènement pluviométrique important qui s'est produit la semaine précédente (27 et 28 mars avec un cumul de 140 mm). Lors de ces pluies, des zones présentant de l'eau stagnante ont été repérées (cf. Figure 13).



Figure 13 – Zones présentant de l'eau stagnante. Localisation des photographies B, C et D sur la Figure 26

Un puits a été repéré au centre du quartier (cf. Figure 14). D'après les représentants de la commune, l'eau contenue dans celui-ci est d'origine naturelle. Toutefois, un tuyau provenant de l'habitation est raccordée à ce puits, transférant ses eaux usées. L'eau avait un aspect clair sans odeur particulière ce qui tend à indiquer que l'apport en eaux usées de la maison est limité.

Les dimensions intérieures de ce puits sont de : 2,7 x 2,6 x 3,25 m soit un volume de 22,8 m³. La hauteur d'eau dans le puits observé lors de l'expertise (3 avril 2013) était de 2 m (soit environ 1m sous la dalle amovible fermant le puits) soit un volume d'eau d'environ 14 m³.

La qualité du fonds du puits et des parois sous le niveau d'eau n'a pas été observée. Cet ouvrage n'est pas recensé, ni suivi et aucune information sur sa réalisation n'est connue. D'après les témoignages des représentants de la commune, le fonds ne serait pas revêtu (terrain naturel) et les parois seraient bétonnées sans ouverture. Par ailleurs, la présence d'une dalle amovible coiffant le puits, même non étanche parfaitement, limite au strict minimum les apports d'eau de pluies au sein du puits.

Malgré les incertitudes, ces observations tendent à montrer que le niveau d'eau identifié dans le puits correspondrait principalement à des venues d'eaux souterraines (niveau situé à moins d'1 m sous le TN lors de l'expertise le 3 avril).



Figure 14 – Puits en aval de la maison A fissurée avec raccord entre la maison et le puits.

En partie aval du quartier, à l'extrémité de la « langue topographique » (cf. figure 2), une résurgence d'eau a été observée (cf. Figure 15). D'après les élus de la mairie de M'tzamboro, celle-ci serait pérenne tout au long de l'année. La présence de songes, plantes hydrophiles, témoigne de la présence régulière d'eau à cet endroit.



Figure 15 - A droite, zone de résurgence d'eau avec présence de songes, point A de la Figure 26

➤ Données pluviométriques

Comme indiqué au paragraphe 4.1.3, un évènement pluviométrique important s'est produit la semaine précédant les visites de terrain. Cet évènement s'est déroulé les 27 et 28 mars avec un pic le 27 mars avec une pluviométrie journalière de 119 mm (cf. Figure 16). D'après les atlas des aléas³, la pluviométrie annuelle moyenne de ce secteur est de 1475 mm. Ainsi, 8 % de la pluviométrie annuelle a été cumulée le 27 mars et 10 % pour les 27 et 28 mars.

³ Audru J-C., Auber B., Desprats J-F., Eucher G., Jossot O., Mathon C., Nédellec J-L., Sedan O. et Zornette N., avec la collaboration de Guillobez S., Daniel P. et Haie B. (2004) - Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Mtsambororo, Acoua et Mtsangamouji. Rapport BRGM/RP-53194-FR, 98 p., 78 figures ou photos, 3 tableaux, 36 cartes et 8 annexes.

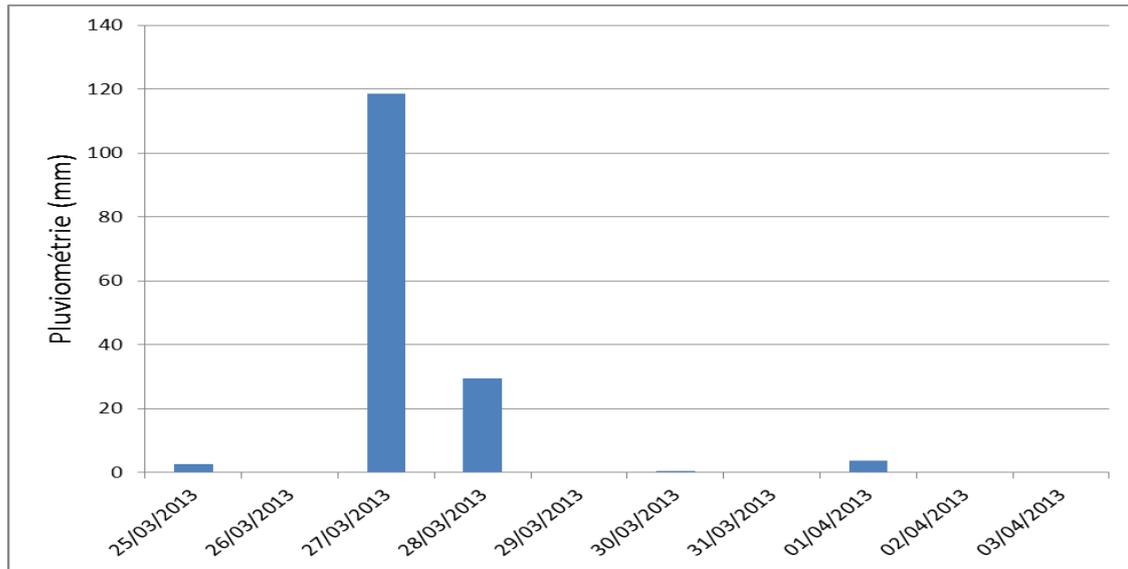


Figure 16 – Données pluviométriques journalières du 25/03/2013 au 03/04/2013 pour la station de M'tzamboro. Données Météo-France.

Le pic pluviométrique observé le 27/03/2013 s'est produit aux alentours de 15h, avec une hauteur d'eau accumulée de 66 mm en 1 h.

Ainsi, l'eau stagnante observée les 2 et 3 avril, en plusieurs secteurs de la zone d'étude (cf. Figure 13) pourrait être issue de ces événements pluviométriques mettant en avant une faible capacité des terrains à laisser s'infiltrer l'eau.

4.1.4 Habitats

Les habitats présentant de nombreux désordres sont localisés sur la figure suivante :

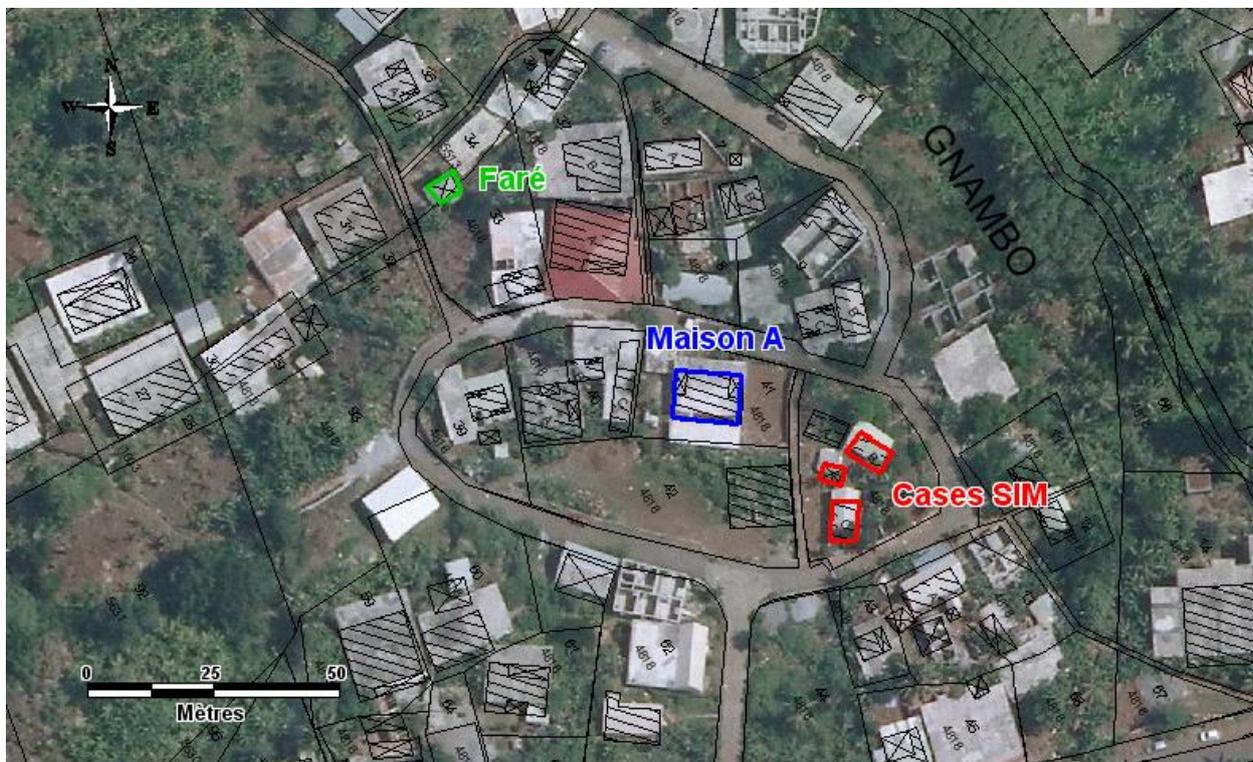


Figure 17 – Localisation des habitats présentant de nombreux désordres et qui sont développés dans la suite de l'expertise. Fond cadastral 2008.

➤ Maison A (localisée en Figure 17 et Figure 26)



Figure 18 – Maison A localisée en Figure 26, au centre du quartier, présentant de nombreuses fissures et déformations.

Cette maison (cf. Figure 18) est la plus impactée du quartier, elle présente de nombreuses fissures ouvertes localisées aussi bien au plancher, qu'au niveau des murs ou dans les angles du bâtiment. Les décalages sont centimétriques, pouvant atteindre 5 cm d'espacement (cf. Figure 19). Les déplacements observés indiquent un mouvement vers le front de mer (pendage vers le Nord). Les déformations au niveau des poteaux de la terrasse sont relativement importantes (courbures).

On observe également un affaissement du sol d'assise au droit du soubassement de l'habitation (cf. pointillés jaunes de la Figure 18) ainsi qu'un affouillement à la base.

La maison n'est actuellement plus habitée, néanmoins des passages sont fréquents dans celle-ci. Elle sert en particulier de « laverie » et sont accès est libre (des enfants peuvent facilement jouer dedans). En tout état de cause, elle reste un danger pour les maisons avoisinantes.



Figure 19 – Désordres observés au niveau de la maison A.

➤ Faré (localisée en **Figure 17** et Figure 26)

De nombreux habitats présentent des fissures sur l'ensemble du quartier. Néanmoins, l'amplitude des déformations observées ne sont pas du même ordre que celle de la maison A. **Les fissures des autres habitats ne présentent que rarement un espacement de l'ordre du centimètre et la plupart du temps sans décalage.**

On peut toutefois relever des désordres significatifs au niveau du faré avec notamment un écartement atteignant 10 cm au niveau de la dalle (cf. Figure 20), entre les poteaux et la dalle. D'après les représentants de la commune, ce faré aurait été construit en 1997-1998. En l'absence de repère fixe, malgré ces désordres significatifs, il est délicat d'évaluer l'ampleur des déplacements.

Ce faré semble désaffecté et inutilisé. A défaut, et/ou en cas d'évolution des fissures, il devra être détruit.

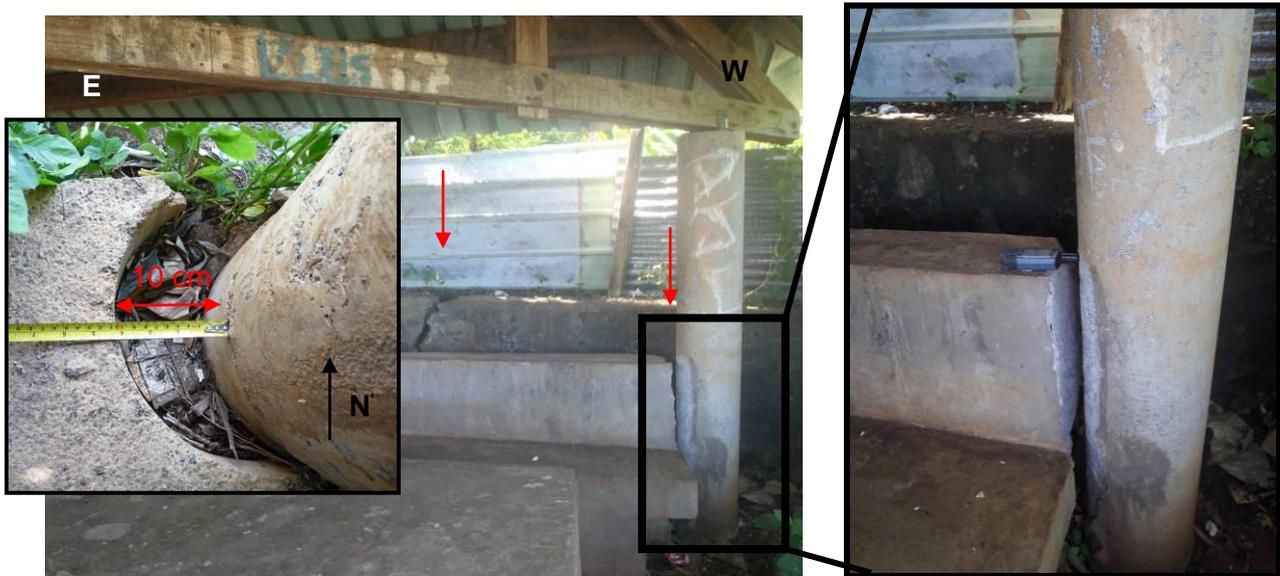


Figure 20 – Désordres observés au niveau du faré.

➤ Maisons SIM (localisées en Figure 17 et Figure 26)

D'après les habitants du quartier, une maison SIM se serait écroulée (cf. Figure 21). Trois autres maisons SIM se situent à côté du soubassement résiduel de cette habitation. Celles-ci présentent de nombreuses fissures avec des décalages de l'ordre du centimètre. Ces maisons SIM correspondent aux premiers logements qui ont été mis en place à Mayotte. Leur méthode de construction est précaire, avec en particulier un ferrailage limité, les rendant très sensibles à d'éventuelles instabilités du sol d'assise. Au vu de ces éléments, la stabilité de ces maisons est mise en question et que par conséquent les habitants peuvent être considérés exposés à un risque d'effondrement.



Figure 21 – A gauche, ancienne maison SIM qui se serait écroulée. A droite, fissuration des maisons SIM.

4.1.5 Limite Ouest de la langue

➤ Escalier

L'escalier menant à la plage de Foubouni présente un pendage vers l'Ouest pouvant atteindre 15°. Cet escalier longe la limite Ouest de la langue topographique. En partie sommitale de l'escalier, une marche s'est cassée. Ce désordre serait lié à une poussée des terrains vers l'Ouest qui aurait comprimé la marche contre la bordure de l'escalier. Cet escalier aurait été construit en 2005 et les déformations observées se seraient produites en continu avec une accélération ces dernières années.

Il a été observé une érosion active des formations géologiques au niveau de la base de l'escalier.

A noter que les déformations de l'escalier s'arrêtent quelques mètres en aval du faré, lorsque ce dernier s'éloigne de la « langue topographique » (cf. figure 2).



Figure 22 – Escalier menant à la plage de Foubouni. Un pendage est observé ainsi qu'une marche cassée par compression. La photographie de droite montre l'état de la partie inférieure de l'escalier.



Figure 23 – Caniveau qui a été arraché et qui a glissé sur quelques mètres.

➤ Murs de soutènement

Des murs de soutènements ont été mis en place le long des voiries.

Quelques déformations (fissures ouvertes de 2 à 3 cm et décalage vertical de 2 à 3 cm) ont été relevées au droit de ceux-ci, dont les deux plus importantes sont exposées en Figure 24. Ces ouvrages sont situés à l'extrémité ouest de la langue (cf. figure 2).



Figure 24 – Fissures observées au niveau des murs de soutènement mis en place par la commune le long des voiries.

4.1.6 Limite Est de la langue

Une déformation au niveau de la voirie a été constatée. Celle-ci présente une fissure longitudinale (cf. Figure 25).

A noter qu'un mur de soutènement a été mis en place récemment (travaux 2013) en contrebas de cette voirie, limitant par conséquent les mouvements de terrain. Ce mur aurait été mis en place suite à un effondrement de la voirie.



Figure 25 – Déformation observée au niveau de la voirie longeant un mur de soutènement.

4.1.7 Synthèse

La Figure 26 synthétise les principales observations effectuées lors de l'expertise de terrain du BRGM les 2 et 3 avril 2013 au droit du quartier de Mafouboujou.



Figure 26 – Synthèse des désordres identifiés sur le quartier et des points clés de l'expertise. En bleus sont identifiées les zones où de l'eau a été repérée. En jaune, la langue « topographique ».

5. Diagnostic

Les principales observations au droit du quartier de Mafoumboujou sont les suivantes :

- Le quartier s'est développé sur un relief en forme de langue dont la forme topographique peut correspondre à une zone de glissement (faible pente au cœur et talus plus raide aux extrémités).
- Les formations géologiques affleurantes correspondent à des colluvions à blocs issues vraisemblablement d'éboulis anciens remaniés dont l'épaisseur semble significative (environ 10 m). Ces formations sont hétérogènes et peu compactes, donc sensibles à des désordres et des instabilités.
- De nombreux indices indiquent la présence probable de niveau d'eau à faible profondeur ainsi qu'une infiltration délicate.
- Les habitations du quartier sont impactées de manière très hétérogène par des désordres du bâti. 3 maisons sont principalement touchées (maison A et 3 cases SIM anciennes).
- Aucun indice de terrain caractéristique d'un glissement de terrain n'a cependant été relevé. La végétation et l'urbanisation limitent toutefois les observations.

En l'état actuel des connaissances, deux hypothèses sont émises pour expliquer les désordres observés :

- **Des problèmes au niveau des assises des bâtiments combinés à des défauts de construction** : les formations géologiques étant de nature hétérogène (colluvions à blocs), des tassements différentiels peuvent se produire et être à l'origine des fissures. La présence d'une nappe d'eau en subsurface ainsi que des fuites sur les réseaux d'eaux (usées voire AEP à vérifier) sont des facteurs aggravants pouvant être à l'origine et/ou accélérer ce phénomène en modifiant le comportant du sol. Les déformations au niveau de l'escalier menant à la plage peuvent être liées à l'action combinée des fortes pentes, de l'érosion des formations géologiques sous-jacentes et des faibles caractéristiques des formations en place.
- **une zone de glissement réactivée ponctuellement, notamment suite à des épisodes pluvieux**, marquant les bâtiments de fissures et le site de glissements de terrain ponctuels. Dans ce cas, il serait probable que la zone de glissement se situe à l'interface entre les colluvions et le substratum rocheux ou se développe au sein du niveau colluvionnaire. Comme précédemment, la présence d'eaux souterraines constitue un facteur de prédisposition à ce type d'instabilité. Les différents désordres constatés sur le terrain sont espacés dans le temps, avec des glissements de terrain ponctuels (2003 et 2009). Un mécanisme de glissement lent peut expliquer les désordres et la survenance d'évènements ponctuels tels que ceux identifiés. Dans le cas où cette hypothèse serait vérifiée (glissement lent), il ne peut être exclu qu'une accélération du glissement se produise et que des désordres plus significatifs apparaissent le cas échéant. Toutefois, cela semble peu probable à court terme.

Au vu de l'ensemble des observations issues de cette expertise, le quartier de Mafoumboujou ne semble pas exposé à un risque de mouvements de terrain à court terme (semaines à venir). Toutefois, en cas d'évolutions défavorables (progression des fissures dans le bâti notamment), les habitations, notamment la maison A et les trois cases SIM, présentent un danger pour leurs occupants. Le Faré également présente un risque pour les habitants du quartier qui potentiellement l'utilisent.

6. Conclusion et recommandations

Au vu des observations et du diagnostic précédemment établis, le BRGM recommande :

En urgence :

- **Evacuer les maisons** fortement endommagées et/ou non dimensionnées pour résister à des contraintes de terrain (maison A et 3 cases SIM, cf. Figure 17).

Pour préciser le diagnostic :

- Surveiller la **progression des désordres sur le bâti** du quartier. Dans un premier temps, un appui administration pourrait être proposé pour réaliser ce suivi. En cas d'évolutions défavorables, une nouvelle expertise devra être menée afin d'adapter les mesures de sécurisation. La surveillance du secteur est à mener régulièrement, sans limitation de durée pour le moment. Il sera avantageusement disposé des repères de part et d'autres de fissures connues sur le bâti du secteur, en différents points avec des mesures régulières (2 à 3 fois par an dans un premier temps) ;
- Mettre en place un **suivi géodésique** du secteur via la pose de points de repères pérennes au droit et aux abords du quartier (une dizaine de points suffiront dans un premier temps). Le suivi du déplacement est à mettre en place dès que possible. Le BRGM recommande dans un premier temps, la réalisation de 3 relevés, calés suivant le rythme hydrologique (mai 2013, décembre 2013 et mai 2014). Un bilan comparatif des déplacements mesurés devra être effectué après chaque relevé. Cela permettra de préciser la présence d'un mécanisme de type glissement. La poursuite du suivi géodésique sera évaluée à l'issue de la première année de suivi ;
- Réaliser une **inspection des réseaux d'eaux** du secteur : pluviales, AEP, EU afin de préciser la présence éventuelle de fuite et/ou de dysfonctionnement afin d'y remédier dès que possible le cas échéant.

A l'issue de ces mesures, l'origine des désordres sera précisée (glissement de terrain probable ou pas). Dans l'hypothèse d'un glissement actif, les mesures complémentaires suivantes sont recommandées. Ces mesures seront précisées selon les premiers résultats du suivi :

- Réaliser des profils sismiques afin de déterminer la géométrie des couches géologiques (épaisseur des formations, pendage...) ;
- Réaliser des sondages afin de déterminer la nature et l'épaisseur des formations géologiques en place. L'objectif consistera notamment à identifier la profondeur du substratum (et par conséquent l'épaisseur des colluvions) ;
- Mettre en place des piézomètres pour préciser la présence d'eaux souterraines et le cas échéant suivre l'évolution de ces niveaux.

Ces éléments permettront de qualifier le risque de mouvements de terrain et de proposer des solutions pour sécuriser la zone. A ce stade, toutes mesures visant à limiter l'infiltration d'eau dans les formations en place est à adopter avec cependant une attention particulière à la lutte contre l'érosion, notamment aux exutoires.



Centre scientifique et technique Direction Régionale de Mayotte
3, avenue Claude-Guillemain 9, centre Amatoula, Z.I. Kawéni
BP 36009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France BP363 – 97600 Mamoudzou – France
Tel. 02 38 64 34 34 Tél. : 02 69 61 28 13