



# Appui technique à la Direction de l'Équipement dans le cadre de la prévention des risques naturels à Mayotte. Notes de l'année 2009.





# Appui technique à la Direction de l'Équipement dans le cadre de la prévention des risques naturels à Mayotte. Notes de l'année 2009.

BRGM/RP-57464-FR  
Juillet 2009

Étude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du  
BRGM 09RISH01

A. Oppermann, C. Garnier, Y. De La Torre, J.L. Nédellec.

<b>Vérificateur :</b>
Nom : J.-L. Nédellec
Date :
Signature :

<b>Approbateur :</b>
Nom : P. Puvilland
Date :
Signature :

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.





**Mots clés :** appui technique, Direction de l'Équipement, Mayotte, aléas naturels, risques naturels, mouvements de terrain, inondations, cyclones.

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

Oppermann A., Garnier C., De La Torre Y, JL. Nédellec. (2009) : Appui technique à la Direction de l'Équipement dans le cadre de la prévention des risques naturels à Mayotte. Notes de l'année 2009. Rapport – BRGM/RP-57464-FR.

© BRGM, 2009, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.



## Synthèse

Dans le contexte géologique, morphologique et climatique particulier de Mayotte, le développement et l'aménagement du territoire doivent tenir compte d'une forte exposition aux aléas naturels.

Dans le cadre de ses missions régaliennes et de la procédure de commande publique, la Direction de l'Équipement de Mayotte sollicite souvent un appui du BRGM pour des avis sur les risques naturels. En conséquence, pour formaliser et fixer le cadre de cet appui spécifique, le BRGM et la DE de Mayotte ont signé une convention annuelle d'appui technique.

Cet appui se fait soit lors de l'instruction réglementaire au titre des Codes de l'Urbanisme et de l'Environnement, lors de la conception d'équipements publics et d'intérêt général (réseau routier, collèges et lycées, port, etc.), pour le compte de maîtres d'ouvrage publics (opération de résorption de l'habitat insalubre, lotissements communaux, équipements sportifs, etc.), soit ponctuellement en période de crise (saison cyclonique, événement exceptionnel tel qu'un éboulement, etc.).

Le présent rapport compile l'ensemble des notes techniques faites à la demande de la DE au cours de l'année 2009. L'élaboration de ces notes est assurée par un géologue, spécialisé en risques naturels, en poste au BRGM de Mayotte ou par des experts du BRGM localisés en métropole ou à La Réunion. Cet appui revêt différentes formes qui ont le plus souvent un caractère d'urgence et demandent une grande disponibilité. Il peut s'agir notamment :

- d'avis techniques sur dossiers suite à un déplacement sur le terrain ;
- d'avis techniques sur des risques supposés ;
- d'avis techniques sur des travaux (en projet ou en cours) ;
- d'avis géologiques post événement (chutes de blocs, éboulements, glissements de terrain, inondations, etc.)



## Sommaire

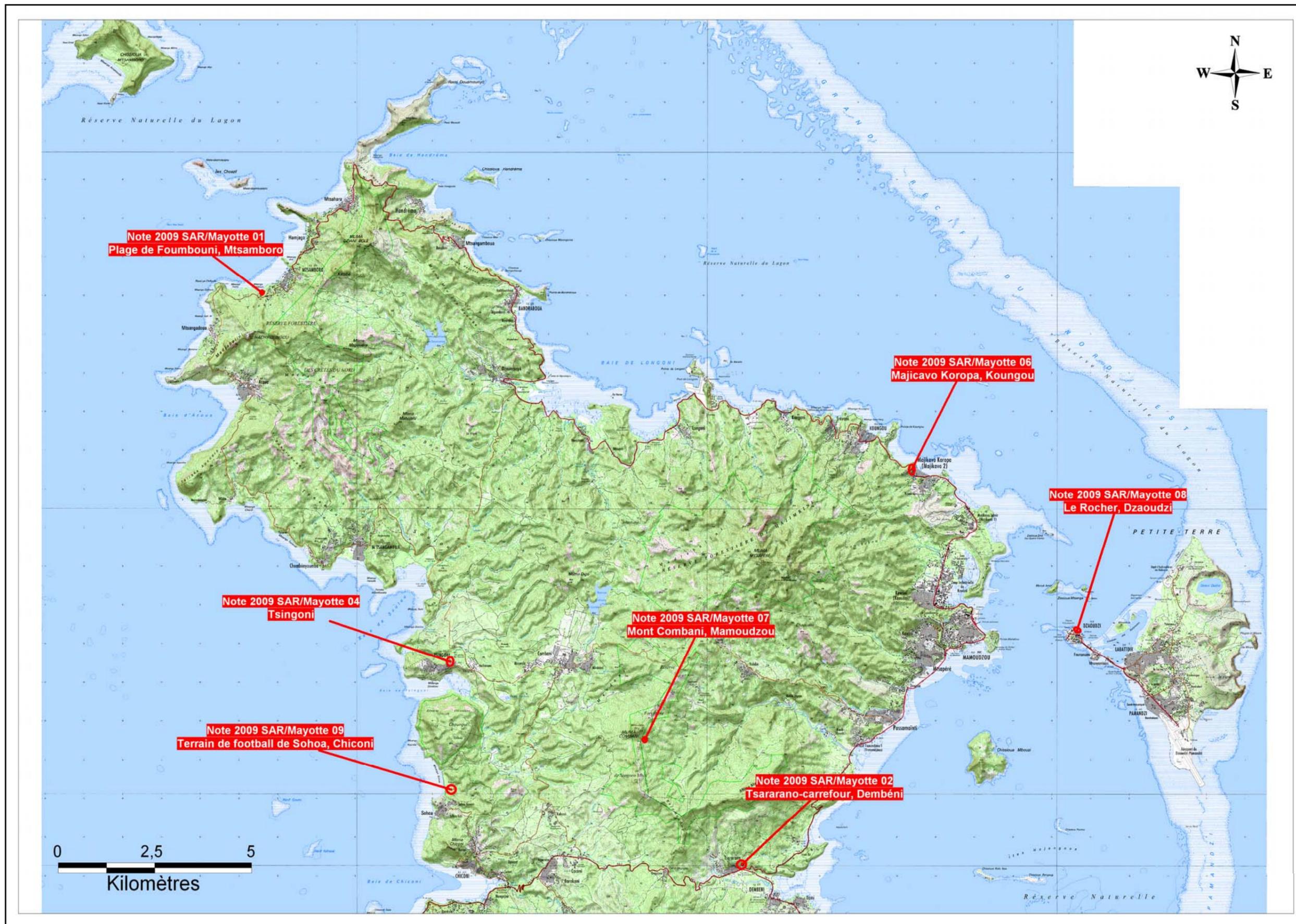
1. Localisation des notes techniques 2009 sur le territoire de Mayotte .....7
2. Note 2009 SAR/MAYOTTE 01. Avis sur un projet touristique à Mtsamboro, plage de Foubouni.....11
3. Note 2009 SAR/MAYOTTE 02. Avis sur les études pré-opérationnelles pour l'aménagement de la zone de Tsararano-carrefour, commune de Dembèni.23
4. Note 2009 SAR/MAYOTTE 03. Avis sur une étude géotechnique pour l'aménagement d'un parking pour des logements à Kani-Kéli.....41
5. Note 2009 SAR/MAYOTTE 04. Avis sur la délimitation des aléas « mouvements de terrain » et « inondation » à Tsingoni.....55
6. Note 2009 SAR/MAYOTTE 05. Avis sur une étude géotechnique quant à la construction de cinq bâtiments dans un lotissement (SCCV les Couroles) à Hajangoua.....69
7. Note 2009 SAR/MAYOTTE 06. Diagnostic suite aux instabilités ayant affecté le versant amont de la RN1 aux abords du PR6+500 (Majikavo Koropa, commune de Koungou). .....77
8. Note 2009 SAR/MAYOTTE 07. Précision de l'aléa « mouvements de terrain » concernant la parcelle des gîtes du « relais forestier » en périphérie du Mont Combani. ....95
9. Note 2009 SAR/MAYOTTE 08. Diagnostic de stabilité suite à un éboulement ayant affecté le flanc nord de Dzaoudzi.....107
10. Note 2009 SAR/MAYOTTE 09. Avis relatif à l'étude géotechnique Géolithe concernant le site d'implantation du terrain de football de Sohoa (Chiconi)127



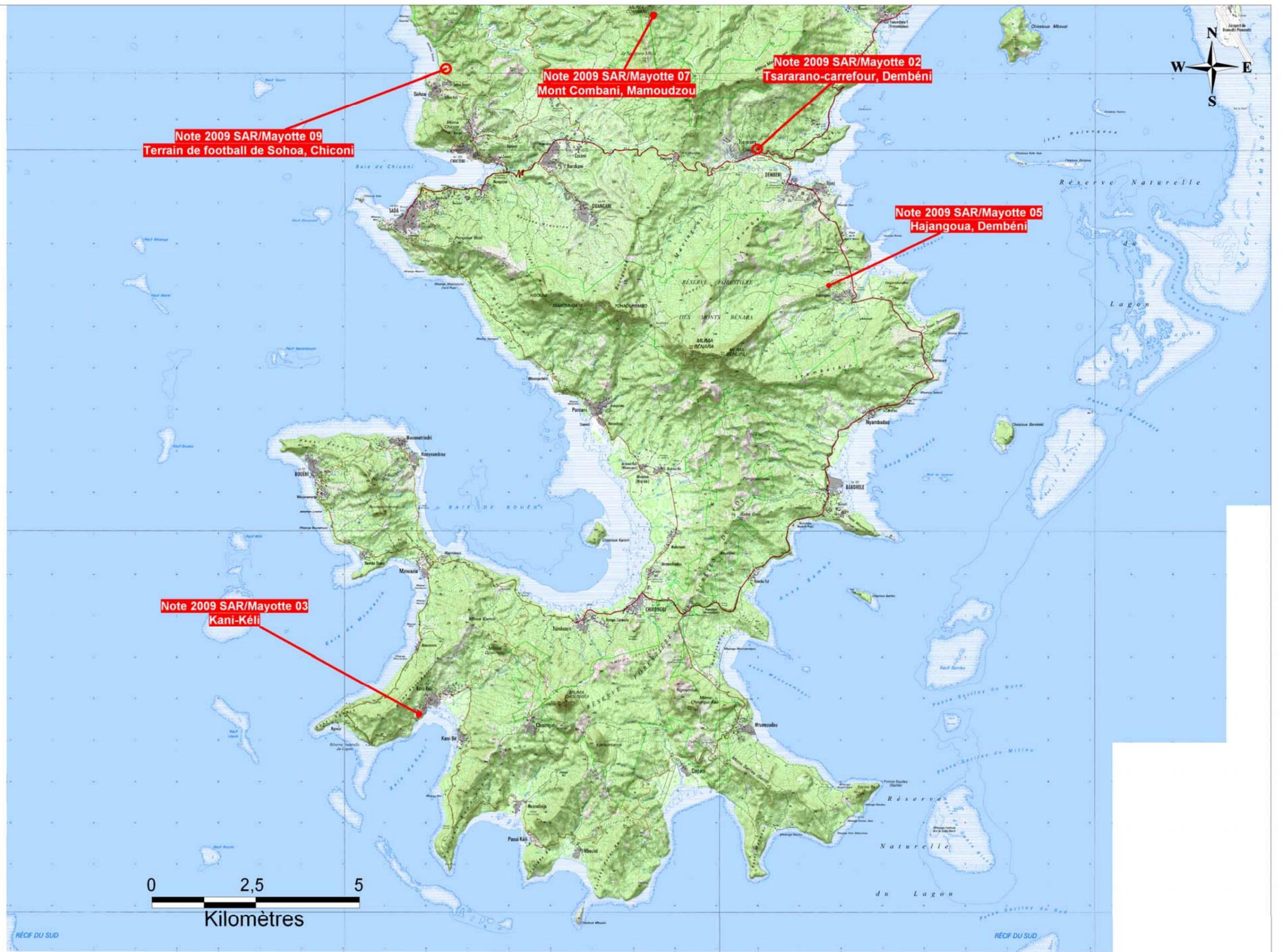
# **1. Localisation des notes techniques 2009 sur le territoire de Mayotte**

(Fond © IGN Scan 25)









Note 2009 SAR/Mayotte 09  
Terrain de football de Sohoa, Chiconi

Note 2009 SAR/Mayotte 07  
Mont Combani, Mamoudzou

Note 2009 SAR/Mayotte 02  
Tsararano-carrefour, Dombeni

Note 2009 SAR/Mayotte 05  
Hajangoua, Dombeni

Note 2009 SAR/Mayotte 03  
Kani-Kéli

0 2,5 5  
Kilomètres





## **2. Note 2009 SAR/MAYOTTE 01. Avis sur un projet touristique à Mtsamboro, plage de Foubouni.**





Direction de  
l'Équipement de  
Mayotte

## **Avis sur un projet touristique à Mtsamboro, plage de Foubouni.**

Janvier 2009

A. Oppermann

Y. De La Torre

**Note 2009 SAR/MAYOTTE 01  
Projet PSP08MAY28 – Appui DE 2008**

### **Service géologique régional de Mayotte**

9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni

BP 1398

97600 – Mamoudzou France

Tél. : 02 69 61 28 13 – Fax : 02 69 61 28 15





<b>Appui 2008 à la Direction de l'Équipement de Mayotte</b>	
<b>Date de la visite :</b> 10/12/2008	<b>Site :</b> Plage Foubouni
<b>Commune :</b> Mtsamboro	
<b>Participant(s) :</b> A. Oppermann	
<b>Objet :</b> Avis sur l'implantation d'un projet touristique par rapport à l'aléa glissement de terrain et cyclonique.	
<b>Demandeur :</b> DE/SEC et DE/SAUH	
<b>Diffusion :</b> DE/SEC, DE/SAUH, et Antenne BRGM de Mayotte	

### **Circonstances de l'intervention du BRGM**

S. Gremminger (DE/SEC/HEA) a sollicité le BRGM afin d'obtenir un avis de celui-ci au sujet de l'implantation d'un projet touristique avec hébergement sur la plage de Foubouni à Mtsamboro, par rapport aux aléas glissement de terrain et cyclonique.

Une visite de terrain a été effectuée par le BRGM le 10/12/2008 (A.Oppermann).

### **Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM**

La DE a fourni un plan de situation du projet en question.

### **Observations ressortant des compétences du BRGM**

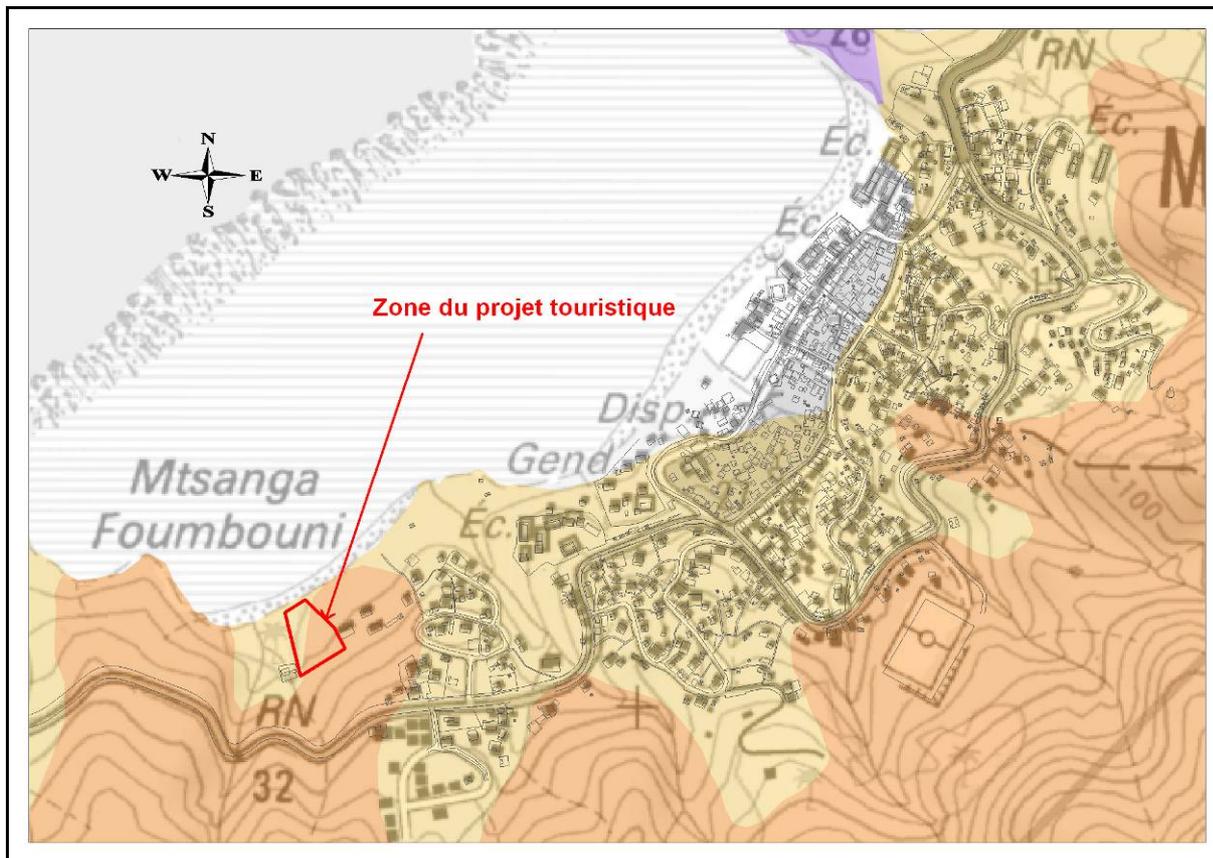
Le projet touristique est situé en amont de la plage de Foubouni et en aval de la Route Nationale 1.

#### **1. Aléa « mouvements de terrain »**

La cartographie de l'aléa « Mouvement de terrain » réalisée par le BRGM dans le cadre de la mise à jour de l'aléa mouvements de terrain pour les atlas des aléas naturels à Mayotte, communes de Mtsamboro, Acoua et M'tsangamouji<sup>1</sup>, fait figurer sur le secteur du projet deux zones d'aléa « glissement de terrain accompagnés de chutes de blocs » de niveau fort (type G3P2) et l'autre de niveau moyen (type G2P2) (cf. extrait page suivante).

La cartographie a été établie au 1/10000 sur cette zone. Afin de mieux distinguer la zone d'intérêt, l'extrait de carte a été agrandi au 1/5000. L'utilisation de ces cartes à l'échelle parcellaire doit tenir compte d'une marge d'imprécision de l'ordre de 10m.

<sup>1</sup> J.-C. Audru et M. Imbault (2007) : Mise à jour de l'aléa mouvements de terrain pour les atlas des aléas naturels, sur 8 communes de Mayotte. Rapport BRGM/RP-55589-FR, 6 p., 5 figures.



Localisation de la zone concernée par le projet et du zonage de l'aléa « mouvements de terrain » (fond © IGN Scan25 et cadastre 2008) à l'échelle 1/5000.

*Légende : Zones d'aléa glissements de terrain accompagnés de chutes de blocs.  
Orange : aléa fort ; Jaune : aléa moyen ; Blanc : aléa faible à nul.*

La visite de terrain effectuée le 10/12/2008 a permis de relever plusieurs observations par rapport à l'aléa « mouvements de terrain ».

- Morphologie

La zone concernée par l'emprise du projet est constituée d'un relief peu marqué avec des pentes douces dont l'inclinaison est inférieure à 20° (Photo 1). Par contre, en amont de cette zone et en contrebas de la Route Nationale, les pentes sont plus raides et atteignent des inclinaisons supérieures à 30°.

La délimitation à cette échelle d'investigation, des classes de pente nécessiterait un levé topographique précis au droit de la zone d'étude. Les observations relatives aux valeurs de pentes faites dans le cadre de cet avis sont basées uniquement sur des appréciations visuelles.

- Nature des matériaux

Les matériaux visibles en surface sont essentiellement constitués d'altérites évoluées à très évoluées (matrice prépondérantes). On observe également sur le site, une forte présence de boules résiduelles saines à la surface du sol. Il pourrait bien s'agir d'éluvions étant donné que ces blocs se présentent sous la forme d'altérites à boules lessivées de leur matrice. La taille de ces blocs varie le plus souvent entre 10 et 100L (Photo 3 et 4).

- Facteurs aggravants

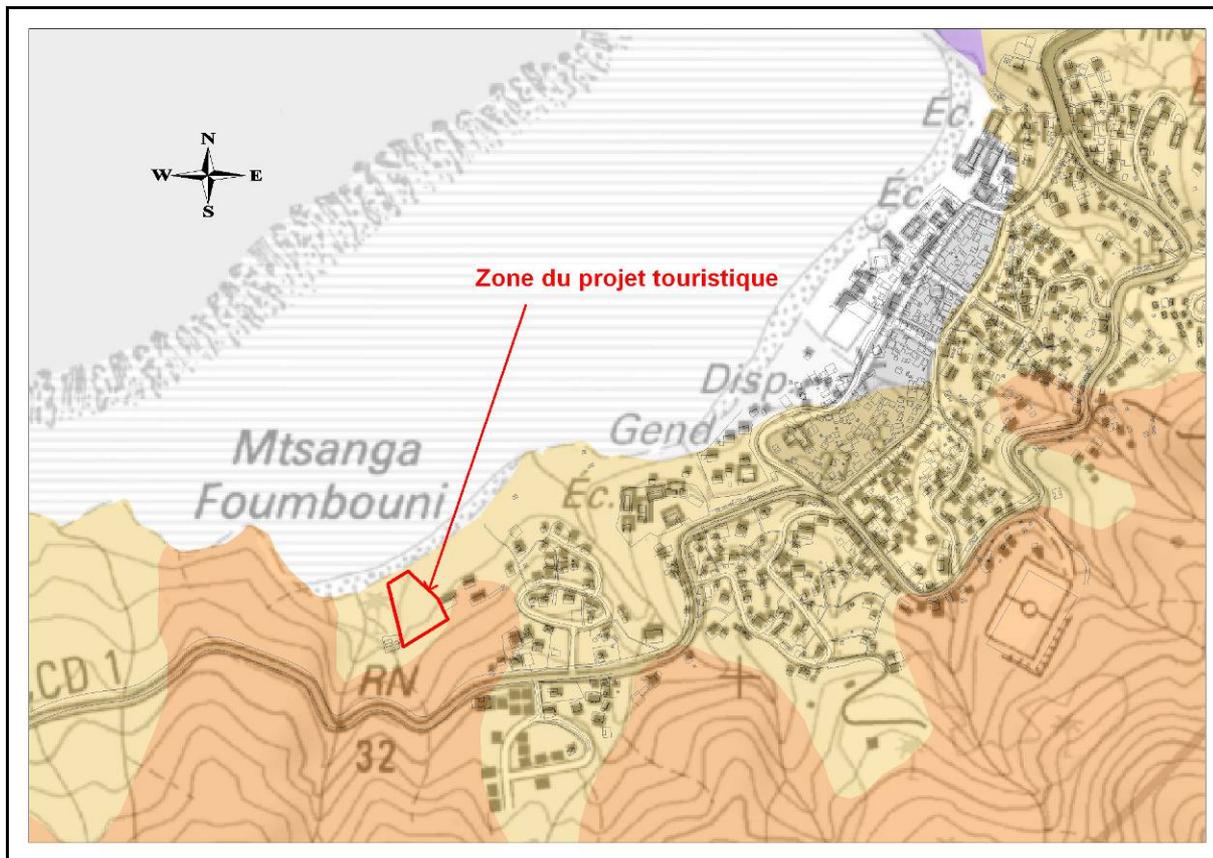
Lors de l'investigation de terrain, aucun facteur aggravant n'a été relevé au droit de la zone du projet. La végétation est largement présente sur le site et sur l'ensemble du versant et une bonne couverture végétale limite fortement l'érosion du versant. (Photo 2). En revanche, il faut prendre en considération que des indices de reptation peuvent être relevés en amont du site, dans les altérites évoluées et lorsque les pentes sont supérieures à 30°.

- Indices d'instabilité

Dans la zone du projet, à faible pente, les éluvions sont peu susceptibles d'être mobilisés et ne présentent donc pas de réel danger. En revanche le danger peut provenir des zones en amont du site étant donné que les pentes sont bien plus marquées et souvent supérieures à 30°. Mais il semblerait que la présence d'éluvions soit nettement moins importante dans la partie amont qu'en aval du versant. Peu ou aucuns blocs n'ont été constatés dans la partie amont du versant et du site concernant le projet touristique.

## **Conclusions**

Les observations complémentaires apportées dans le cadre de cet avis amènent à redéfinir légèrement les limites du zonage de l'aléa « mouvements de terrain » dans ce secteur. Un déclassement au droit du site du projet touristique est réalisable dans le sens où les diverses observations retenues ci-dessus semblent appropriées pour une définition de niveau moyen de l'aléa « glissements de terrain accompagnés de chutes de blocs ».



Zonage de l'aléa « mouvements de terrain » modifié d'après le présent avis (fond © IGN Scan25 et cadastre 2008) à l'échelle 1/5000.

*Légende : Zone d'aléa glissements de terrain accompagnés de chutes de blocs.  
Orange : aléa fort ; Jaune : aléa moyen ; Blanc : aléa faible à nul.*

Malgré tout, pour justifier le maintien de l'aléa moyen, nous précisons que les risques de remobilisation de blocs rocheux depuis l'amont ainsi que de départ de coulée boueuse ne peuvent être exclus, d'où l'importance de mettre en œuvre certaines dispositions réglementaires proposées dans les Atlas des aléas.

## 2. Aléa cyclonique

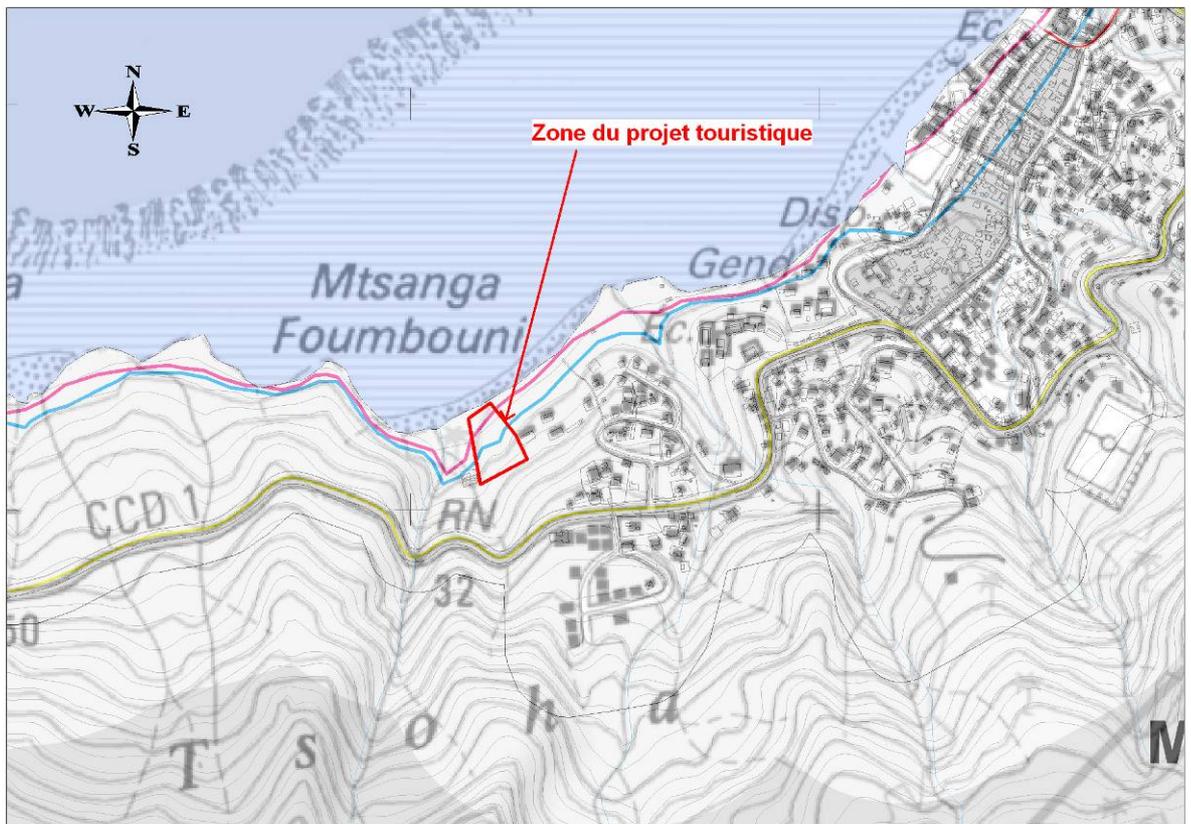
La cartographie de l'aléa cyclonique réalisée par le BRGM dans le cadre des atlas des aléas naturels à Mayotte, communes de Mtsamboro, Acoua et M'tsangamouji<sup>2</sup>, fait figurer sur une moitié du secteur du projet deux zones d'aléa cyclonique de niveau

<sup>2</sup> J.-C. Audru, B. Auber, J.-F. Desprats, G. Euchet, O. Jossot, C. Mathon, J.-L. Nédellec, O. Sedan et N. Zornette, avec la collaboration de S. Guillobez (Cirad), de P. Daniel et de B. Haie (Météo-France) : Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Mtsamboro, Acoua et Mtsangamouji. **Rapport BRGM/RP-53194-FR. Décembre 2004**

moyen et fort. L'autre moitié (amont) est considérée en niveau d'aléa cyclonique faible à nul (cf. extrait ci-dessous).

A noter que la mise à jour de cet atlas est en cours afin d'intégrer les effets du déferlement (jet de rive) sur les submersions. A ce stade, il n'a pas été possible de réaliser de calcul complémentaire (application des formules de run-up) en raison de l'absence de données topographique sur la zone de projet. Afin de prendre en compte l'effet du déferlement sur ce zonage, une marge supplémentaire d'environ +1 m NGM peut être globalement considérée en se basant sur les calculs effectués sur des plages de configuration similaire à Mayotte.

La cote de submersion à terre pour l'aléa fort peut donc être globalement estimée à 4.62 m NGM soit 3,62 m (courbe rose atlas) + 1 m (déferlement).



Zonage de l'aléa cyclonique (fond © IGN Scan25 et cadastre 2008) à l'échelle 1/5000.

Légende : - Ligne rose : Aléa fort ; - Ligne bleue : Aléa moyen ; - Zone Blanche en amont de la ligne bleue : Aléa faible à nul.

## **Recommandations**

En l'état des connaissances (zonages actuels), il est donc à envisager de n'installer aucune infrastructure en zone d'aléa fort, c'est-à-dire entre la mer et la ligne rose et la zone d'aléa moyen doit en outre se limiter à des infrastructures légères n'abritant pas de personnes afin de les garantir des plus fortes inondations. Un recul des installations est donc à prévoir en fonction des caractéristiques du projet touristique (la nature des infrastructures prévues n'est pas connue).

Si pour des raisons de configuration du site, le recul (qui reste la solution à privilégier) n'est pas possible, la vulnérabilité des infrastructures peut être réduite par la construction d'infrastructures sur pilotis. Ce type de construction présente le double avantage de surélever les enjeux et de ne pas impacter sur l'équilibre morphosédimentaire du littoral concerné. La réalisation de protection longitudinale (mur de protection ou d'enrochement) est en effet à éviter dans la mesure où leur implantation peut accentuer les aléas côtiers (érosion et submersions). Les constructions sur pilotis doivent cependant être correctement dimensionnées afin de pouvoir résister à une houle cyclonique et répondre aux normes parasismiques.

En dernier recours, un talus par remblais peut être envisagé afin de surélever et de protéger les infrastructures mais il doit absolument être dimensionné afin de ne pas présenter les mêmes effets néfastes sur la dynamique morphosédimentaire qu'une protection « en dur » de type mur ou enrochements : la pente ne doit pas être trop raide afin de ne pas engendrer de réflexion de la houle et d'affouillement en pied et doit être végétalisée par des espèces adaptées au littoral. Préserver la végétation du haut de plage et de l'arrière-plage ou revégétaliser par des plantes rampantes (ipoméa) et des arbres et arbustes adaptés permet enfin de favoriser la stabilité du trait de côte.

**Annexe photos**



Photo 1



Photo 2



Photo 3



Photo 4

### **3. Note 2009 SAR/MAYOTTE 02. Avis sur les études pré-opérationnelles pour l'aménagement de la zone de Tsararano-carrefour, commune de Dembéli.**





Direction de l'Équipement  
de Mayotte

## **Avis sur les études pré-opérationnelles pour l'aménagement de la zone de Tsararano-carrefour, commune de Dembéni.**

Janvier 2009  
A. Oppermann  
C. Garnier

**Note 2009 SAR/MAYOTTE 02  
Projet PSP08MAY28 – Appui DE 2008**

**Service géologique régional de Mayotte**  
9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni  
BP 1398  
97600 – Mamoudzou France  
Tél. : 02 69 61 28 13 – Fax : 02 69 61 28 15





<b>Appui 2008 à la Direction de l'Équipement de Mayotte</b>	
<b>Date de la visite :</b> 05/12/2008	<b>Site :</b> Tsararano-carrefour
<b>Commune :</b> Dombéni	
<b>Participant(s) :</b> A. Héraut (SEGC), A. Oppermann	
<b>Objet :</b> Avis sur étude géotechnique SEGC.	
<b>Demandeur :</b> DE/SEC/HEA	
<b>Diffusion :</b> DE/SEC/HEA et Antenne BRGM de Mayotte	

### **Circonstances de l'intervention du BRGM**

La SIM mène une étude pré-opérationnelle relative à l'aménagement de la zone de Tsararano-carrefour à Dombéni. Elle a sollicité SEGC Mayotte pour la réalisation d'une étude de précision des risques et d'une étude géotechnique sur l'ensemble de la zone d'étude concernée par le projet (environ 12 Ha). SEGC rappelle les objectifs de cette étude :

- Déterminer la nature et l'épaisseur des matériaux présents ;
- Donner leurs caractéristiques géotechniques ;
- Etablir une carte géologique sur l'ensemble du périmètre ;
- Evaluer les aléas de chutes de blocs et de glissements ;
- Définir le « degré de stabilité » du bassin versant en terme d'éboulements et de glissements de terrain ;
- Modéliser les profils de glissements de terrain potentiels ;
- Etablir une carte des aléas de mouvements de terrain ;
- Donner des préconisations de construction en vue de l'aménagement de la zone ;
- Prédimensionner les ouvrages géotechniques.

Dans ce cadre, la DE de Mayotte (cellule SEC/HEA), chargée de l'instruction du dossier, a demandé au BRGM un avis sur cette étude.

### **Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM**

- Référence du dossier étudié : Rapport provisoire SEGC dossier n°1337 de septembre 2008. Diagnostic géotechnique de l'aléa mouvement de terrain et étude géotechnique préliminaire de site (missions de type G5+G11), 31 pages et 10 annexes.

### **Observations ressortant des compétences du BRGM**

#### Localisation du site et situation par rapport à la carte d'aléa mouvement de terrain

Le projet se situe sur la commune de Dombéni, dans le village de Tsararano, au niveau du carrefour reliant la route nationale n°2 et la route nationale n°3

Suivant les objectifs de cette étude et d'après la cartographie des aléas mouvement de terrain réalisée par le BRGM dans le cadre des atlas des aléas naturels, le site est concerné par :

- Aléa mouvement de terrain : zone d'aléa moyen et fort de glissements dominants accompagnés de chutes de blocs. La partie Nord-Est de la zone d'aménagement se

trouve également en limite d'aléa fort de chutes de bloc dominantes accompagnées de glissements.

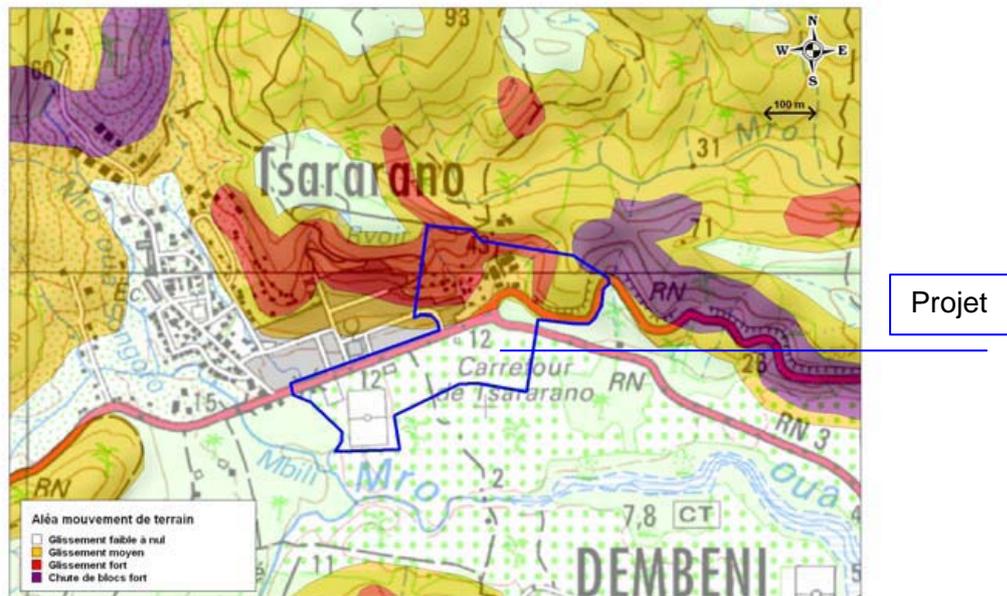


Illustration 1 : Localisation du site et extrait de carte de l'aléa mouvement de terrain (Atlas des aléas naturels à Mayotte. Commune de Bandrélé et Dombéni. Rapport BRGM RP-53678-FR).

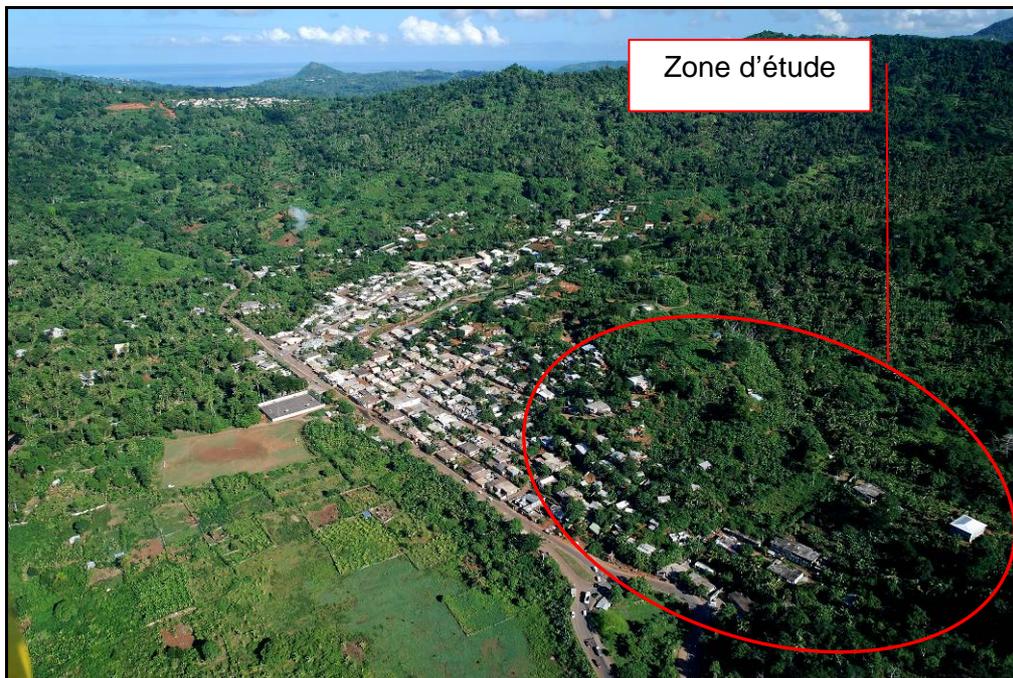


Illustration 2 : Photos aériennes de la zone d'étude. (Source SEGC)

#### Observations relatives au contenu de l'étude

*Partie I et II* : Pas d'observation particulière

*Partie III* :

La partie du projet concernée par les mouvements de terrain se situe en amont de la RN2 (secteur dénommé « crête et versant » dans l'étude SEGC). Sur l'ensemble de cette zone, seuls deux sondages à la tarière (couplés avec la réalisation d'essais pressiométriques – SPs1 et SPs2) et deux sondages à la pelle mécanique (SM1 et SM2) ont été effectués.

Ces investigations ont mis en évidence la présence, sous l'horizon superficiel de terre végétale, un niveau d'altérites ferrallitiques brun-rouge d'une épaisseur observée de 0,2 m à au moins 4,30 m, surmontant des niveaux d'altérites brun clair à gris présents sur une épaisseur importante (au moins 18 m). Selon l'interprétation SEGC, l'ensemble du projet situé en amont de la RN2 est concerné par ce « profil géotechnique ».

Sur la base des résultats des essais pressiométriques et d'essais de cisaillement réalisés sur des prélèvements de matériaux effectués aux abords de SM1, les caractéristiques retenues pour ces matériaux sont les suivantes :

- Altérites ferrallitiques :  $C' = 9,4$  kPa et  $\Phi' = 30,8^\circ$
- Altérites :  $C' = 10$  kPa et  $\Phi' = 32,6^\circ$

Ces valeurs, qui apparaissent représentatives des matériaux en présence, n'appellent pas de remarque particulière. Par contre, on regrettera pour une partie du projet (en amont RN2) couvrant de l'ordre de 6 ha (sur une emprise totale de 12 ha), que seuls deux sondages à la tarière et deux sondages au tracto-pelle aient pu être réalisés. **La représentativité du profil et des caractéristiques de sols retenus par SEGC peut de fait être considérée avec circonspection.**

*Partie IV et V* : Pas d'observation particulière

*Partie VI* :

**1/.** Dans un premier temps, l'étude décrit dans cette partie les indices de désordres potentiels et les aléas mouvement de terrain potentiels au droit de la zone d'intérêt. Selon SEGC, étant donnée la nature et l'épaisseur des matériaux rencontrés dans la partie Nord de la zone (limons compacts) et de la géomorphologie du site (versants fortement pentés), voici les différents types de « mouvements de terrain » pouvant se produire.

- Les glissements de terrain.

Grâce aux essais géotechniques effectués, aucun indice (présence d'une nappe d'eau, surface de rupture, matériaux plastiques) de glissements de terrain profonds n'a été remarqué.

En revanche, les observations de terrain nous permettent de penser que **les glissements superficiels sont probables sur une grande partie de la zone.**

La nouvelle méthodologie de cartographie de l'aléa « mouvement de terrain » pour le PPR valide en partie la cartographie élaborée dans le cadre de l'Atlas des Aléas. Pour ce secteur, on sait que les matériaux en présence sont meubles et de type altérites évoluées (classe 2). En se référant à la grille de critère intégrée dans cette méthodologie nous affirmons que le niveau d'aléa est fort et de nature « glissement de terrain accompagnés de chutes de blocs » pour les parties du versant présentant un ou plusieurs critères tels que :

- valeur de pente supérieure à  $30^\circ$ ,
- hauteur d'escarpement du versant supérieure à 5 mètres,
- facteurs aggravants tels que l'absence de végétation dense (végétation agricole sur versants et crêtes avec localement des sols totalement nu)

accentuant le phénomène d'érosion sur le versant (qualifié de fort sur cette zone dans l'atlas des aléas).

Au regard de la nouvelle cartographie de l'aléa « mouvement de terrain » proposé par SEGC (cf. carte ci-dessous), des remarques sont formulées :

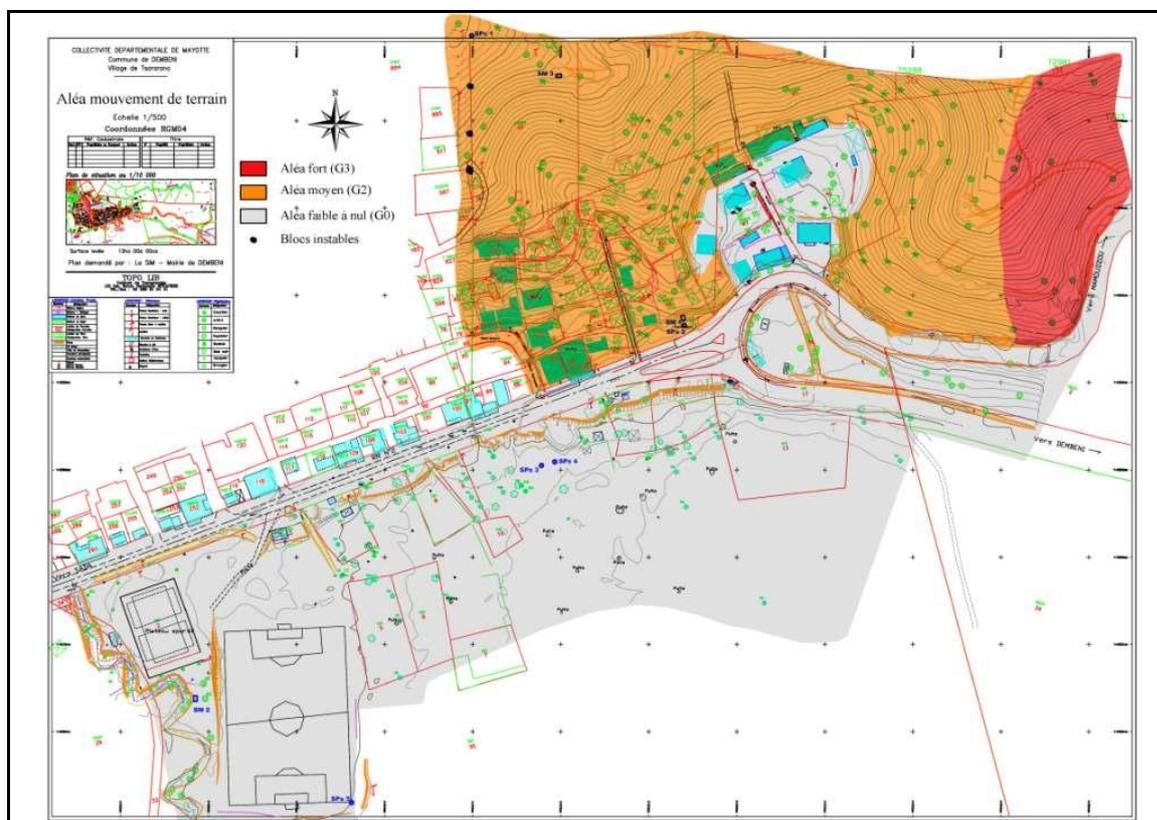


Illustration 3 : Proposition cartographique de l'aléa « mouvement de terrain » donnée par SEGC.

Dans la partie Est de la zone, SEGC propose de surclasser en aléa fort (G3) des terrains à forte épaisseur de limons sur des pentes élevées, où des indices de glissement superficiels (bourelets d'accumulation, arbres penchés ou déformés) sont observés.

Dans la mesure où la notion d'aléa introduit directement la potentialité d'occurrence d'un phénomène, **on peut s'interroger quant à la raison pour laquelle des terrains placés dans un contexte identique (même gamme de pente selon le plan topographique au 1/500 fourni par la SIM, constitution géologique analogue) ne soient pas également classés en aléa fort compte-tenu de la probabilité que des phénomènes de glissement superficiel puissent également s'y déclarer (principe d'extrapolation par similitude).**

SEGC indique l'absence d'indice particulier sur le versant mis à part dans la partie Est et suppose que « les glissements superficiels sont donc peu probables » sur le versant au Nord (cartographié en aléa moyen G2). S'il est vrai qu'hormis les arbres penchés dans la partie Est du versant, aucun autre indice n'est à souligner, **le fait que la pente soit proche voire supérieure à 30° par endroit et en tenant compte de la classe de matériaux en jeu, nous pensons que les glissements superficiels sont envisageables.** De plus, l'aléa érosion est fort dans l'ensemble de la zone.

Un point particulier, à l'Est de la boulangerie (photos), un talus de 6-7 m de haut environ est très imparfaitement soutenu dans sa partie inférieure par un ouvrage de type pneusol. Il semblerait que SEGC n'ait pas insisté sur ce point dans son étude. La zone est proposée

comme le reste en aléa moyen alors qu'il **n'est pas envisageable de construire en contrehaut de ce terrassement sans disposition particulière.**



Illustration 4 : Talus soutenu par un ouvrage de type pneusol situé à l'Est de la boulangerie. (clichés du 15/01/09).

- Les chutes de blocs

Selon SEGC, la partie Nord-ouest du site est exposée à des phénomènes de chutes de blocs (présences de quelques éléments en partie haute de versants - diamètre atteignant 2 m - susceptibles d'être remobilisés). **Il est préconisé par le bureau d'étude d'éliminer ces éléments instables avant urbanisation.** Pas de remarque particulière sur ce point.

## 2/. Vérification de la stabilité à l'aide du logiciel TALREN et interprétation des résultats

SEGC a menée une étude de stabilité des versants avec le logiciel TALREN 97 en l'état actuel (stade initial). Deux profils ont été modélisés à partir du plan topographique et deux simulations ont été effectuées sur le premier profil (amont et aval du versant).

Des doutes subsistent par rapport à la géométrie des profils TALREN et à leur conformité avec la réalité. En effet, les valeurs de pente maximale indiquées dans le rapport nous semblent relativement faibles par rapport aux observations de terrain que nous avons pu mener. Dans le rapport, il fait état de pentes maximales de 40% et 43% (22°-23°) respectivement pour les profils 1 et 2. Or, selon nos estimations, **certaines portions du versant traversé par ces profils auraient des pentes atteignant 30°**, notamment pour le profil 1.

Dans le même sens, nous regrettons le nombre limité de profils de stabilité TALREN. En effet, vu l'étendue de la zone d'étude et les variations importantes de pentes, un ou deux profils supplémentaires apporteraient plus de précisions quant à la stabilité du versant sur certaines portions. Par exemple, il serait utile de couvrir une ou deux zones présentant des valeurs de pentes proches de 30° entre les deux profils en place.

Par ailleurs, concernant le profil P2, il est souligné que le coefficient de stabilité est proche de 1, ce qui s'expliquerait selon SEGC par le fait que le profil se situe à proximité de la zone où des indices de glissement superficiels ont été relevés (zone classée en aléa fort). On pourrait alors se demander pourquoi ne pas étendre cette zone d'aléa fort jusque dans cette partie du versant présentant un coefficient de stabilité très proche de 1. SEGC devrait amener plus de précisions par rapport à cette délimitation de l'aléa fort.

On constate également que la problématique des eaux usées/eaux pluviales n'est pas abordée dans le dossier. On ne sait pas comment le projet sera assaini, ni quel sera le mode d'évacuation des eaux pluviales. En fonction du principe retenu, l'incidence sur la stabilité des sols peut être significative (érosion des sols, mise en pression du sous-sol, etc.). Du coup, on peut s'interroger sur la prise en compte de cet aspect dans les calculs de stabilité des sols.

## **Conclusions**

Globalement, l'étude menée par SEGC sur ce site est rassurante. Néanmoins il semblerait y avoir quelques points à éclaircir et des précisions supplémentaires à donner :

- Peu d'essais géotechniques ont été faits, aucun sur les versants ;
- Possibilité de rajouter un à deux profils de stabilité TALREN ;
- Valeurs de pentes maximales données dans l'étude apparaissent sous-estimées après nos observations sur le terrain ;
- Problématique du talus à l'Est de la boulangerie ;
- Critères de délimitation de l'aléa fort proposé sur la partie Est de la zone d'étude ;
- Problématique des eaux pluviales/eaux usées non abordées.

En attendant la prise en compte de ces remarques et les précisions supplémentaires apportées, nous avons reclassé l'aléa « mouvement de terrain » sur la zone d'étude (cf. carte ci-dessous). Ces modifications tiennent compte de l'étude ainsi que de nos investigations de terrain et peuvent être amenées à subir des remodifications selon les prochaines informations données par SEGC.

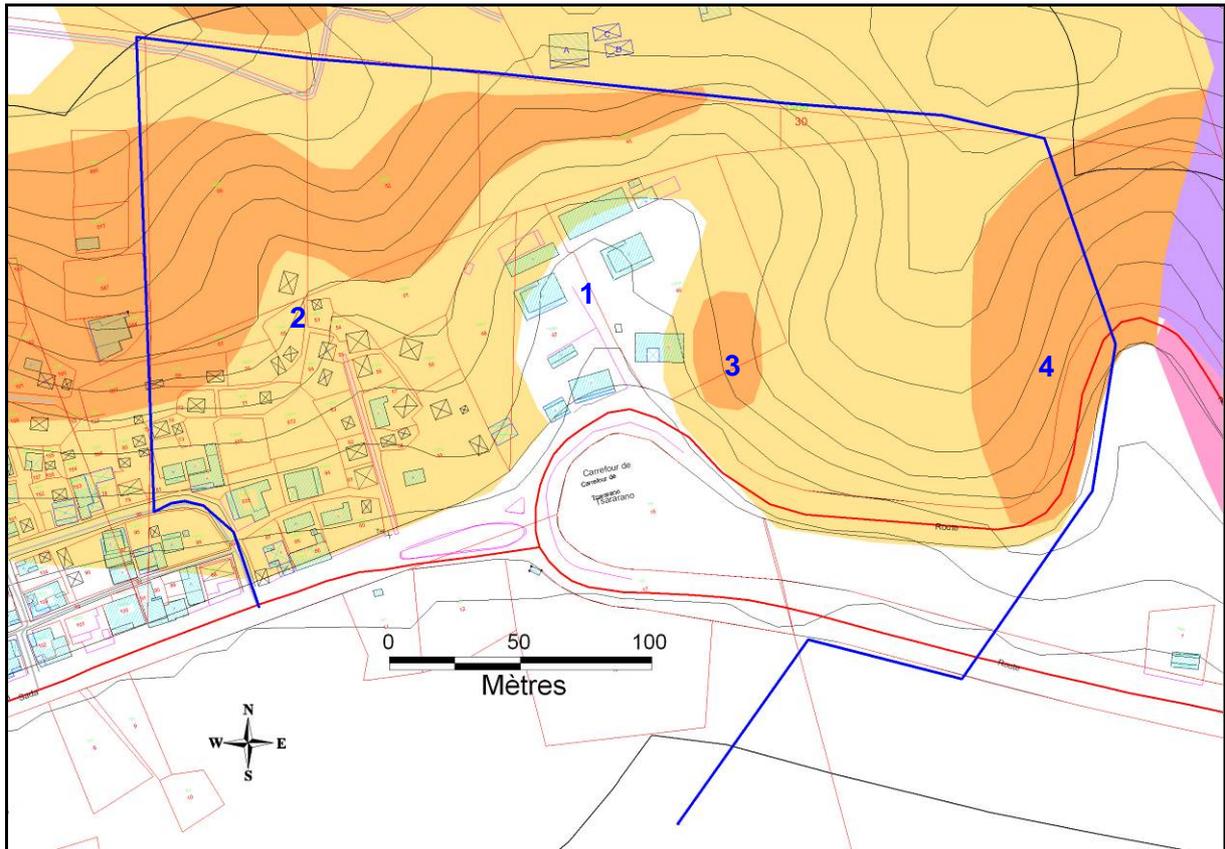


Illustration : Reclassement de l'aléa « mouvement de terrain » au droit de la zone d'étude (limite bleue).

Commentaires sur le reclassement :

- ➡ Point 1. La petite place commerciale en contrebas du versant est classée partiellement en zone d'aléa modéré (selon la nouvelle méthodologie cartographique des PPR).
- ➡ Point 2. Les habitations situées sur le versant sont pratiquement toutes en zone d'aléa moyen (G2). Celles situées en bord de route et faisant partie de la zone d'étude sont également en aléa moyen du fait de la morphologie de cet accotement et des matériaux en jeu.  
Le long du premier profil de stabilité TALREN, (fond de ravine Ouest, sens d'écoulement NNW – SSE) de grosses modifications ont eu lieu. Nous avons choisi de maintenir l'aléa fort uniquement dans les portions du versant où les pentes ont été jugées proches de 30° et directement en aval de celles-ci, sur quelques mètres, pour une marge de sécurité.
- ➡ Point 3. Le talus à l'Est de la boulangerie est classé en aléa fort avec une bande de sécurité en contrebas et une large zone en contrehaut.
- ➡ Point 4. La zone d'aléa fort évaluée et proposée par SEGC avec présence d'indices d'instabilité (arbres penchés notamment) est intégrée.





Direction de l'Équipement  
de Mayotte

# **Avis sur le rapport définitif concernant les études pré-opérationnelles pour l'aménagement de la zone de Tsararano- carrefour, commune de Dombéni. (En complément de la Note 2009 SAR/MAYOTTE 02).**

Mars 2009  
A. Oppermann

**Service géologique régional de Mayotte**  
9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni  
BP 1398  
97600 – Mamoudzou France  
Tél. : 02 69 61 28 13 – Fax : 02 69 61 28 15





<b>Appui 2008 à la Direction de l'Équipement de Mayotte</b>	
<b>Date de la visite :</b>	<b>Site :</b> Tsararano-carrefour
<b>Commune :</b> Dombéni	
<b>Participant(s) :</b>	
<b>Objet :</b> Avis sur étude géotechnique SEGC. Rapport définitif	
<b>Demandeur :</b> DE/SEC/HEA	
<b>Diffusion :</b> DE/SEC/HEA et Antenne BRGM de Mayotte	

### **Circonstances de l'intervention du BRGM**

Le 02/12/2008, S. Gremminger (DE/SEC/HEA) a sollicité le BRGM pour avoir un avis sur les études pré-opérationnelles réalisées par le bureau d'étude SEGC pour l'aménagement de la zone de Tsararano-carrefour, commune de Dombéni.

- Référence du dossier étudié : dossier SEGC n°1337, rapport provisoire de septembre 2008. Études pré-opérationnelles pour l'aménagement de la zone de Tsararano-carrefour.

Suite à l'avis rendu par le BRGM (réf. Note 2009 SAR/MAYOTTE 02), des modifications ont été apportées à l'étude et un nouveau zonage de l'aléa « mouvement de terrain » a été proposé par SEGC. Le 26/03/2009, S. Gremminger a de nouveau sollicité le BRGM pour un avis sur cette nouvelle version.

### **Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM**

- Référence du dossier étudié : Rapport définitif SEGC dossier n°1337 de mars 2009. Études pré-opérationnelles pour l'aménagement de la zone de Tsararano-carrefour.

### **Observations ressortant des compétences du BRGM**

La localisation du site et la nature des aléas en présence ne sont pas rappelées dans le cadre de cet avis. Il conviendra de se reporter aux dossiers dont les références sont rappelées ci-dessus.

L'avis donné sur la version provisoire du rapport concluait à une étude globalement rassurante malgré quelques points à préciser :

- Point 1.

Peu d'essais géotechniques avaient été faits sur les versants.

➔ SEGC estime que la quantité de sondages et d'essais réalisés sur la zone était un minimum dans le cadre des missions géotechniques exigées (G11 et G5). De plus, SEGC indique à juste titre qu'il sera indispensable de réaliser des études géotechniques de type G12 au droit des futurs ouvrages afin de préciser les

caractéristiques des matériaux observés et de donner des préconisations géotechniques à prendre en compte.

Nous insistons sur ce point en précisant qu'une future étude G12 devra être accompagnée d'une étude G2 (étude de projet géotechnique).

- Point 2.

Volonté de la part du BRGM d'ajouter deux profils de stabilité TALREN au niveau des zones à fortes pentes.

➔ SEGC a réalisé deux profils supplémentaires (profils 3 et 4) sous TALREN et sur les secteurs présentant de fortes pentes (>25°).

Eu égard des coefficients de stabilité des profils 3 et 4 effectués sur des points importants des versants et de manière convenable, nous sommes d'accord avec le déclassement de l'aléa fort glissement de terrain en aléa moyen sur les versants présentant ce type de pente naturelle.

De plus il est important de signaler que lors du futur aménagement du versant, les travaux entraîneront une purge importante des matériaux très meubles et suivant le respect des prescriptions constructives et hydrauliques, la stabilité du versant pourrait de ce fait être améliorée.

- Point 3.

Problématique du talus à l'Est de la boulangerie.

➔ En accord avec nos observations SEGC affirme qu'aucun reclassement en aléa moyen n'est pas envisageable pour ce talus, quels que soient les aménagements qui seront réalisés.

- Point 4.

Problématique des eaux pluviales/eaux usées non abordée dans le rapport provisoire.

➔ Comme indiqué dans la partie IV.2, une étude hydraulique devra être effectuée sur l'ensemble de la zone d'étude afin de dimensionner les ouvrages de collecte et d'évacuation pour les eaux pluviales. Il sera aussi important de respecter les recommandations générales dans la conception des différents projets, notamment au niveau de la gestion des eaux de ruissellement et de la problématique de l'aléa fort d'érosion sur l'ensemble du versant.

➔ Des précisions pour les eaux usées sont également apportées dans la partie IV.2.

### Nouvelle cartographie de l'aléa mouvement de terrain

La proposition par SEGC de modification de la carte des aléas de mouvements de terrain située en annexe 10 est satisfaisante.

➔ Le secteur situé à l'Est de la zone d'étude, qualifié en aléa fort glissement de terrain, reste inchangé par rapport au dossier provisoire d'octobre 2008.

➔ Le talus situé à l'Est de la boulangerie est en aléa fort glissement de terrain.

➔ Les versants composés de pentes naturelles de l'ordre de 20-30°, voir un peu plus à certains endroits localisés avec précision (cf. annexe 3 du rapport définitif), sont classés en zone d'aléa moyen suite aux investigations de terrain et aux profils de stabilité sous TALREN.

➡ Les versants potentiellement instables et terrassés par l'homme (cf. annexe 3 du rapport définitif) sont classés en aléa fort. En effet, comme il est indiqué dans le rapport SEGC, ces talus sub-verticaux ou à fortes pentes ( $> 50^\circ$ ) d'origine anthropique et dont la hauteur est supérieure à 2 mètres sont à considérer comme instables vis-à-vis des glissements de terrain superficiels. Il est vrai que si des ouvrages de soutènement correctement dimensionnés sont mis en œuvre au niveau de ces talus, alors un reclassement de ces secteurs en aléa moyen pourra être envisagé.

### **Conclusions**

Suite au premier avis donné par le BRGM, les précisions apportées dans cette nouvelle version du rapport sont satisfaisantes et n'amènent pas de réserves pour la suite du projet.

De même, la cartographie finale de l'aléa mouvement de terrain sur l'emprise du projet est approuvée par le BRGM qui en tiendra compte par ailleurs dans la mise à jour de l'Atlas des aléas naturels.



## **4. Note 2009 SAR/MAYOTTE 03. Avis sur une étude géotechnique pour l'aménagement d'un parking pour des logements à Kani-Kéli.**





Direction de  
l'Équipement de  
Mayotte

# Avis sur une étude géotechnique pour l'aménagement d'un parking pour des logements à Kani-Kéli.

Janvier 2009  
A. Oppermann

**Note 2009 SAR/MAYOTTE 03**  
**Projet PSP08MAY28 – Appui DE 2008**

**Service géologique régional de Mayotte**  
9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni  
BP 1398  
97600 – Mamoudzou France  
Tél. : 02 69 61 28 13 – Fax : 02 69 61 28 15





<b>Appui 2008 à la Direction de l'Équipement de Mayotte</b>	
<b>Date de la visite</b> : 08/01/09	<b>Site</b> : Lotissement au Sud-ouest du village
<b>Commune</b> : Kani-kéli	
<b>Participant(s)</b> : A. Oppermann	
<b>Objet</b> : Avis sur une étude SEGC concernant un projet d'aménagement d'une zone de parking en aval de logements à Kani-kéli.	
<b>Demandeur</b> : DE/SEC et DE/SAUH	
<b>Diffusion</b> : DE/SEC, DE/SAUH, et Antenne BRGM de Mayotte	

### **Circonstances de l'intervention du BRGM**

S. Gremminger (DE/SEC/HEA) a sollicité le BRGM afin d'obtenir un avis de celui-ci sur une étude effectuée par le bureau d'étude SEGC Mayotte dans le cadre d'un projet d'aménagement d'une zone de parking en aval de logements à Kani-Kéli.

Une visite de terrain a été effectuée par le BRGM le 10/12/2008 (A.Oppermann).

### **Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM**

La DE a fourni le rapport SEGC numéro 1370 en version numérique accompagné d'annexes et résultats des essais pressiométriques.

### **Observations ressortant des compétences du BRGM**

#### Données issues des travaux du BRGM

Le projet se situe dans la partie Sud-ouest du village de Kani-kéli au niveau d'un talus en amont de la route CCD4.

D'un point de vue morphologique, la zone présente des versants d'une hauteur supérieure à 10 mètres avec des valeurs de pente comprises entre 25° et 30°. Dans l'étude, SEGC indique que le talus en question est fortement penté et estime l'inclinaison de la pente à 30%. Il semblerait qu'il y ait eu une confusion de la part du bureau d'étude dans l'unité de mesure, entre degré et pourcentage.

La visite de terrain a permis de définir la nature du sol grâce aux affleurements (photos 1, 2, 3 en annexe). Les matériaux rencontrés concernent les altérites de type limono-argileux compact avec éléments basaltiques altérés de taille infra-millimétriques à pluri-décimétriques. Les sondages tarières menés par SEGC confirment ces observations et précisent que l'amont du talus en question est composé partiellement d'une couche de

colluvions pouvant aller jusqu'à 3 mètres d'épaisseur. Globalement, les altérites montrent une épaisseur d'au moins 9 mètres.

La cartographie de l'aléa « mouvement de terrain » réalisée par le BRGM dans le cadre de l'atlas des aléas naturels à Mayotte, communes de Bouéni et Kani-Kéli<sup>3</sup>, fait figurer sur le secteur du projet un niveau d'aléa fort de type glissement de terrain accompagnés de chutes de blocs (G3).

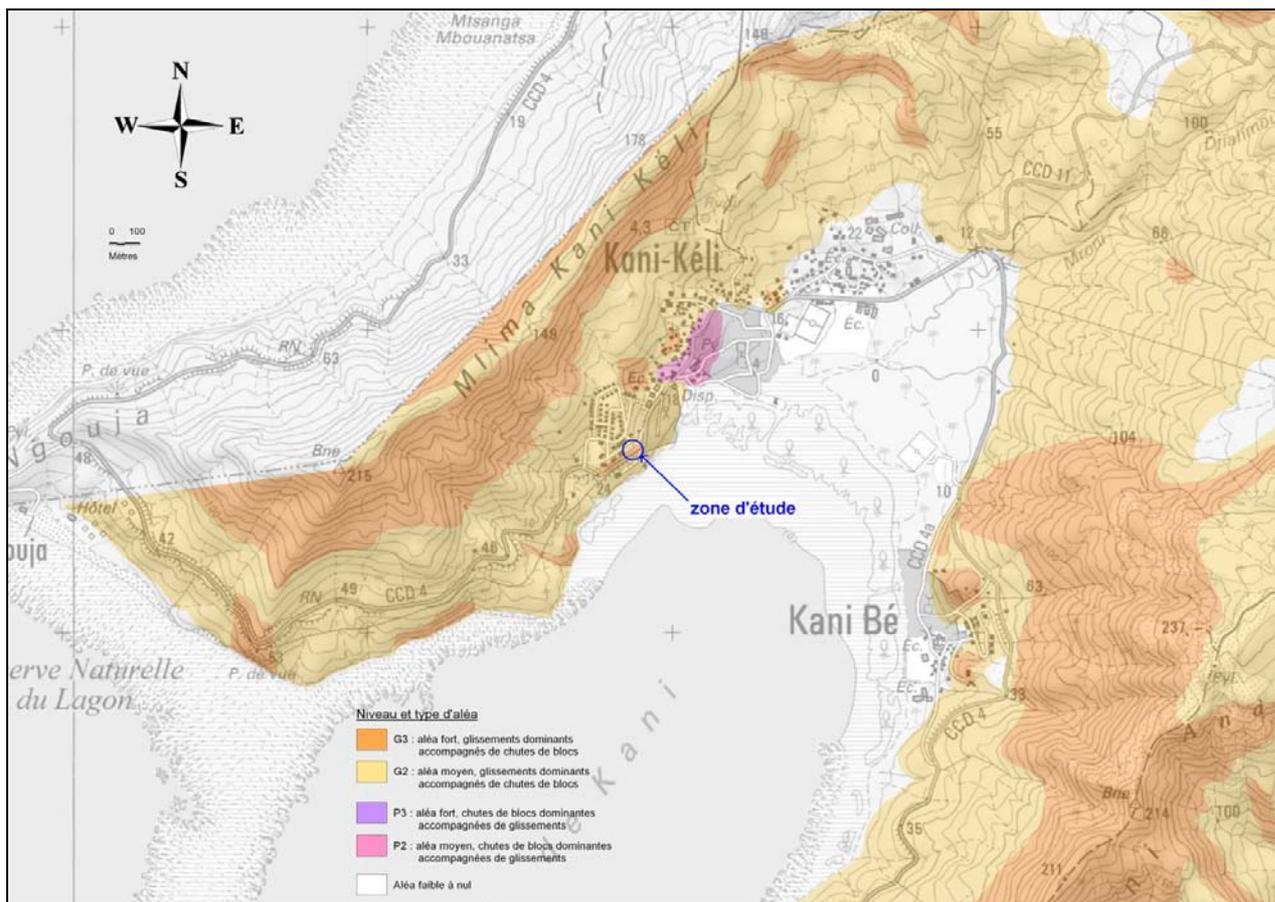


Illustration 1 : Localisation de la zone concernée par le projet et zonage de l'aléa « mouvements de terrain » (fond © IGN Scan25 et cadastre 2008) à l'échelle 1/10000.

<sup>3</sup> G. Euchet, J.-C. Audru, E. Bouleau, J.-F. Desprats, E. Djaco, O. Jossot, J.-L. Nédellec, A. Vigneau, avec la collaboration de S. Guillobez (Cirad), de P. Daniel et de B. Haie (Météo-France) : Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Bouéni et Kani Kéli. **Rapport BRGM/RP-55077-FR**. (Décembre 2006).

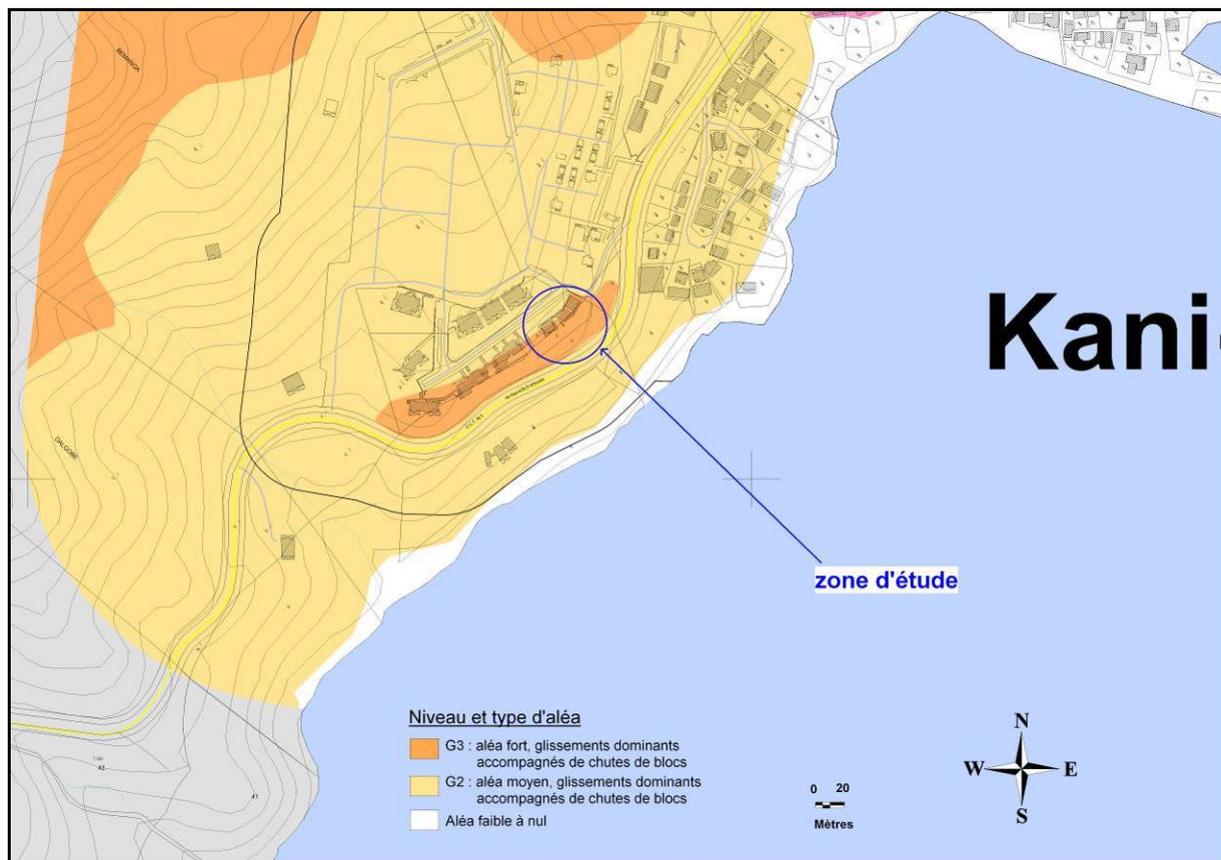


Illustration 2 : Localisation de la zone concernée par le projet et zonage de l'aléa « mouvement de terrain » au 1/2000 sur fond cadastral.

### Observations relatives au contenu de l'étude

**Partie I :** Pas d'observation particulière.

**Partie II, III et IV :**

SEGC a mené des essais géotechniques sur le site. Deux sondages tarières d'une profondeur de 9 mètres ont été réalisés et ont permis de mettre en évidence la lithologie du versant. De plus, des essais pressiométriques ont été effectués lors de ces deux sondages, un essai tous les mètres soit un total de 16 essais pressiométriques.

Pour finir, un essai de cisaillement à long terme (C.D) a été réalisé à partir d'échantillons prélevés dans les colluvions.

Pas d'observation particulière sur ces essais.

**Partie V :**

On signale la présence d'un remblai limoneux-sableux d'une épaisseur d'au moins 40 centimètres en partie amont du site (Illustration 3). Son origine est la destruction d'une ancienne école présente à cet endroit sur une zone de terrassements. Pas de remarque particulière sur la synthèse géotechnique.



Illustration 3 : Vue en partie amont du projet et aperçu du remblai. Cliché du 08/01/2009.

#### **Partie VI :**

Une étude de stabilité du talus en amont du projet a été menée avec le logiciel TALREN 97 en l'état actuel (stade initial) et après aménagement de la zone.

**En l'état actuel** (stade initial) la simulation par le logiciel TALREN indique que le talus est théoriquement stable dans son ensemble avec un **coefficient de stabilité de 1,36**.

**Après aménagement de la zone** (bâtiment type R+1, parking, mur de soutènement), la modélisation sur TALREN montre que le talus est théoriquement stable dans son ensemble avec un **coefficient de stabilité de 1,02**.

Les paramètres utilisés pour les calculs et les simulations TALREN ont été vérifiés et semblent corrects. On soulignera l'utilisation de coefficients de sécurité sur les caractéristiques mécaniques du sol modélisé.

Selon SEGC et dans la théorie, les résultats obtenus permettent d'argumenter sur le fait que **le talus actuel** présente une stabilité satisfaisante aux glissements de terrains profonds.

Il est aussi précisé que le site se trouve en zone d'aléa érosion de niveau fort et que des dispositions constructives devront être prises en conséquence.

Concernant la stabilité du talus après aménagement du site, nous retenons que le coefficient de sécurité (1,02) affiché par la simulation TALREN est très proche de 1, la valeur seuil. Bien qu'en théorie et avec ces paramètres de calculs pris en compte, un coefficient de stabilité supérieur à 1 montre que nous sommes en situation de stabilité de relief, dans notre cas nous recommandons une grande prudence dans l'interprétation des résultats.

En effet, nous pensons que le talus pourrait présenter des mouvements d'instabilité à un certain moment comme en témoigne les mouvements ayant eu lieu sur une petite section du talus, à environ 80 mètres au Sud-ouest du site d'étude (photos 4 et 5). D'autant plus que cette section se situe dans un contexte similaire à notre zone d'étude puisque le talus présente une géomorphologie et sûrement une lithologie analogue sur son ensemble.

## Conclusions

➡ Sur la base des conclusions de SEGC, un déclassement du niveau d'aléa « mouvement de terrain » est possible au droit de la zone couverte par l'étude (cf. Illustration 4).

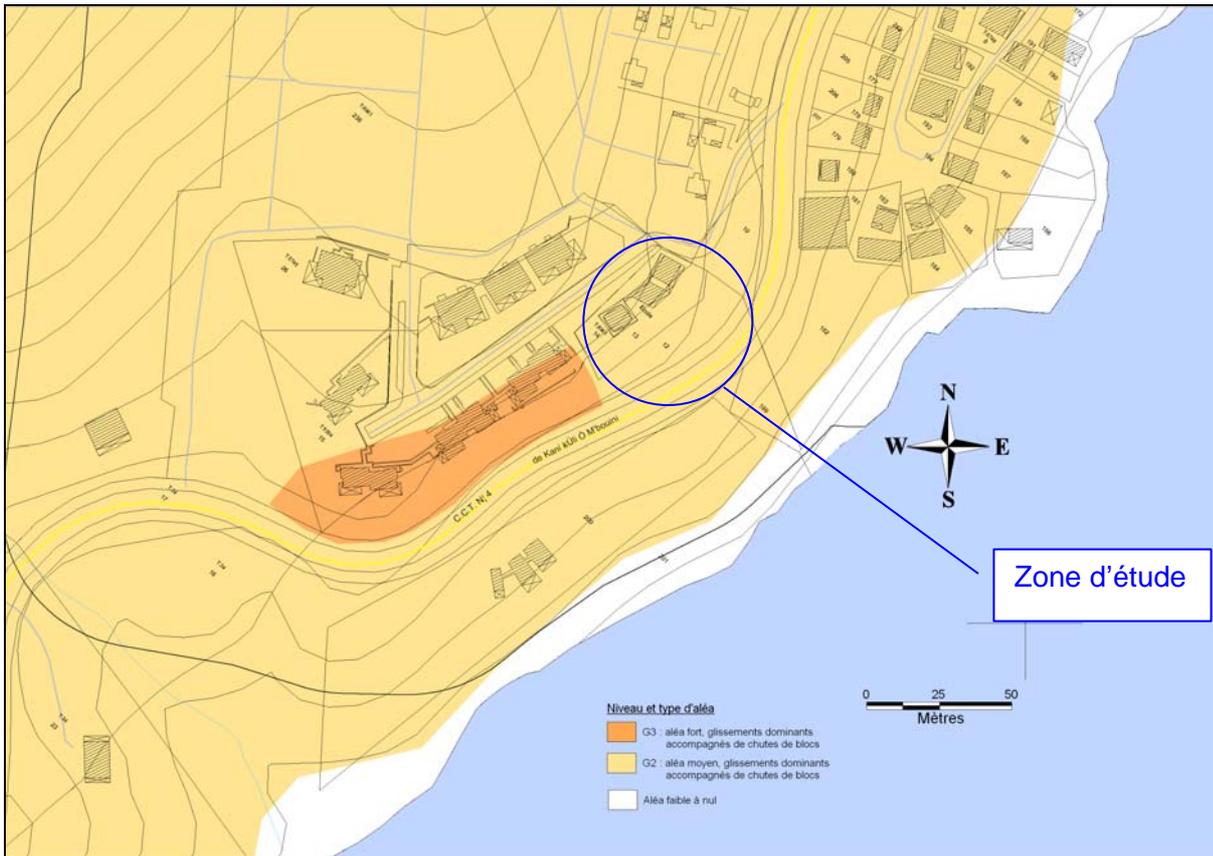


Illustration 4 : Reclassement de l'aléa « mouvement de terrain » au droit de la zone couverte par l'étude.

➤ Par ailleurs, on insiste sur le fait que les calculs de stabilité des sols avec le logiciel TALREN, après travaux et aménagement, indiquent que les conditions de stabilité sont tous juste atteintes. En conséquence, il convient d'être très attentif à la stabilité du talus en phase de travaux sur site (blindage préconisé par SEGC, nouveau diagnostic en cas de venues d'eau non prévues lors des terrassements et/ou de matériaux différents du schéma géotechnique résultant de l'étude,...) ou dans l'hypothèse d'un projet en amont plus pénalisant pour la stabilité de talus.

Il est nécessaire que la mise en œuvre soit soignée et conforme avec un soin particulier à apporter sur le drainage de l'ouvrage.

➤ Pour finir, on souligne la nécessité d'une gestion appropriée des eaux pluviales en partie amont de la zone d'aménagement pour notamment éviter l'infiltration (ré-infiltration) dans ou en amont du versant et pour éviter les rejets superficiels dans la pente, entre autres.

## Annexe photos



Photo 1. Cliché du 08/01/2009



Photo 2. Cliché du 08/01/2009



Photo 3. Cliché du 08/01/2009

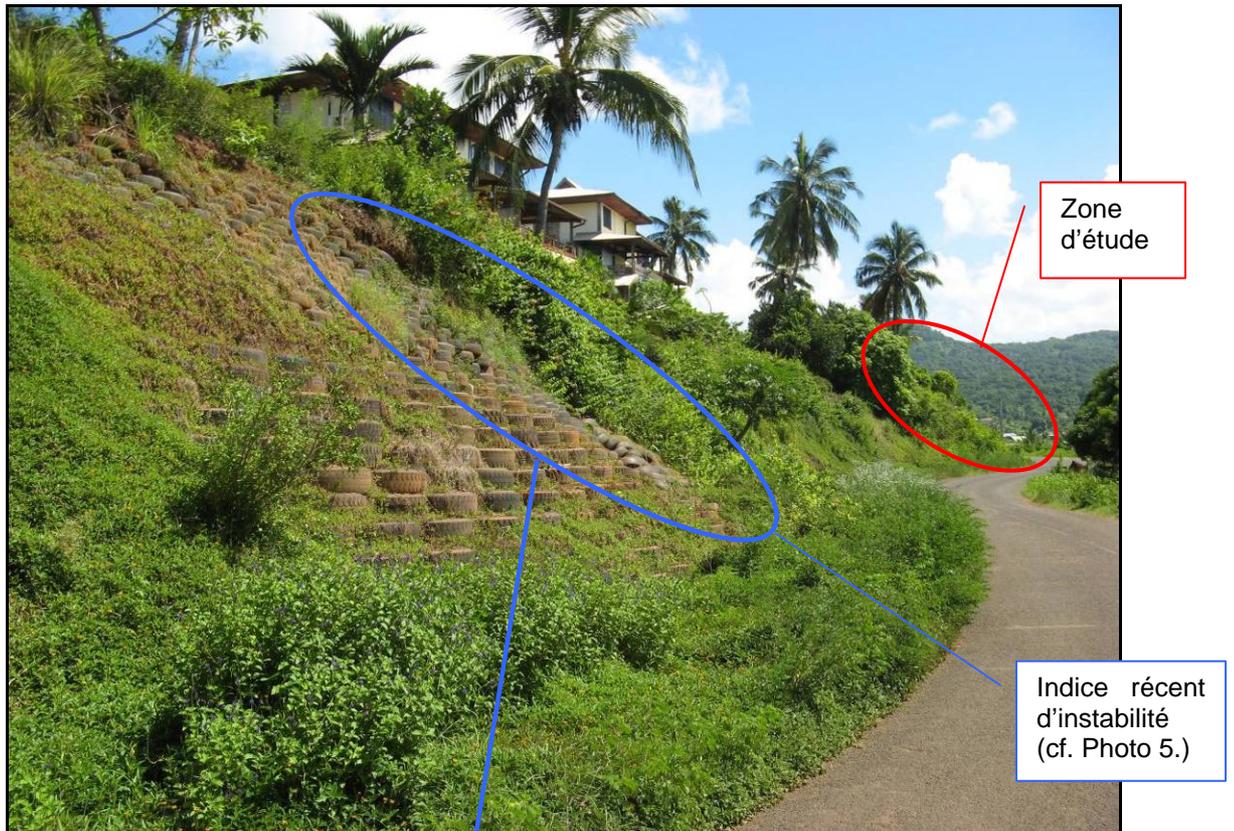


Photo 4. Cliché du 08/01/2009

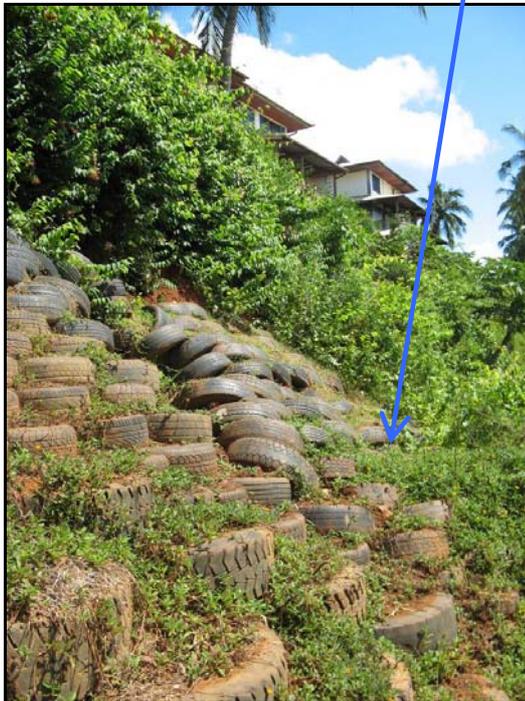


Photo 5. Cliché du 08/01/2009.



## **5. Note 2009 SAR/MAYOTTE 04. Avis sur la délimitation des aléas « mouvements de terrain » et « inondation » à Tsingoni.**





Direction de l'Équipement  
de Mayotte

# Avis sur la délimitation des aléas « mouvements de terrain » et « inondation » à Tsingoni.

Janvier 2009  
A. Oppermann

Note 2009 SAR/MAYOTTE 04  
Projet PSP08MAY28 – Appui DE 2008

**Service géologique régional de Mayotte**  
9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni  
BP 1398  
97600 – Mamoudzou France  
Tél. : 02 69 61 28 13 – Fax : 02 69 61 28 15





<b>Appui 2007 à la Direction de l'Équipement de Mayotte</b>	
<b>Date de la visite :</b> 27/01/2009	<b>Site :</b> Lotissement à l'entrée du village
<b>Commune :</b> Tsingoni	
<b>Participant(s) :</b> A. Oppermann	
<b>Objet :</b> Demande de précision quant à la délimitation de l'aléa « glissement de terrain » et « inondation ».	
<b>Demandeur :</b> DE/SEC/HEA	
<b>Diffusion :</b> DE/SEC/HEA et Antenne BRGM de Mayotte	

### **Circonstances de l'intervention du BRGM**

S. Gremminger (DE/SEC/HEA) a sollicité le BRGM pour avoir une précision quant à la délimitation de l'aléa « glissement de terrain » et « inondation » pour un lotissement de Tsingoni.

Une visite de terrain a été effectuée par le BRGM le 27/01/2009 (A. Oppermann).

### **Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM**

- Plan de situation de la zone concernée

### **Observations ressortant des compétences du BRGM**

La zone d'étude désignée par la DE (environ 2,5 ha) est un petit lotissement situé sur la commune de Tsingoni, à l'entrée du village.

#### **1. L'aléa « mouvement de terrain »**

La cartographie de l'aléa « Mouvements de terrain » réalisée par le BRGM dans le cadre de l'atlas des aléas naturels sur les communes de Bandraboua et Tsingoni<sup>4</sup>, fait figurer dans ce secteur une zone d'aléa fort « glissements de terrain accompagnés de chutes de blocs » type G3 (cf. extrait page suivante, illustration 2). La cartographie étant établie au 10 000<sup>e</sup> sur cette zone, l'utilisation de ces cartes à l'échelle parcellaire doit tenir compte d'une marge d'imprécision de l'ordre de 10 m.

La demande de précision faite par la DE concerne cette zone d'aléa fort. Dans le cadre de cet avis, le secteur d'étude a été étendu au bassin de risques correspondant, c'est-à-dire aux zones de terrain ayant une relation directe ou indirecte en termes de mouvements de terrain avec la zone étudiée.

<sup>4</sup> J.-C. Audru, B. Auber, J.-F. Desprats, N. Frissant, O. Jossot, C. Mathon, D. Moiriat, J.-L. Nédellec, O. Sedan et N. Zornette, avec la collaboration de S. Guillobez (Cirad), de P. Daniel et de B. Haie (Météo-France) : Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Bandraboua et Tsingoni. **Rapport BRGM/RP-53116-FR. Juin 2004.**



Illustration 1 : Localisation de la zone concernée (fond © IGN Scan25).

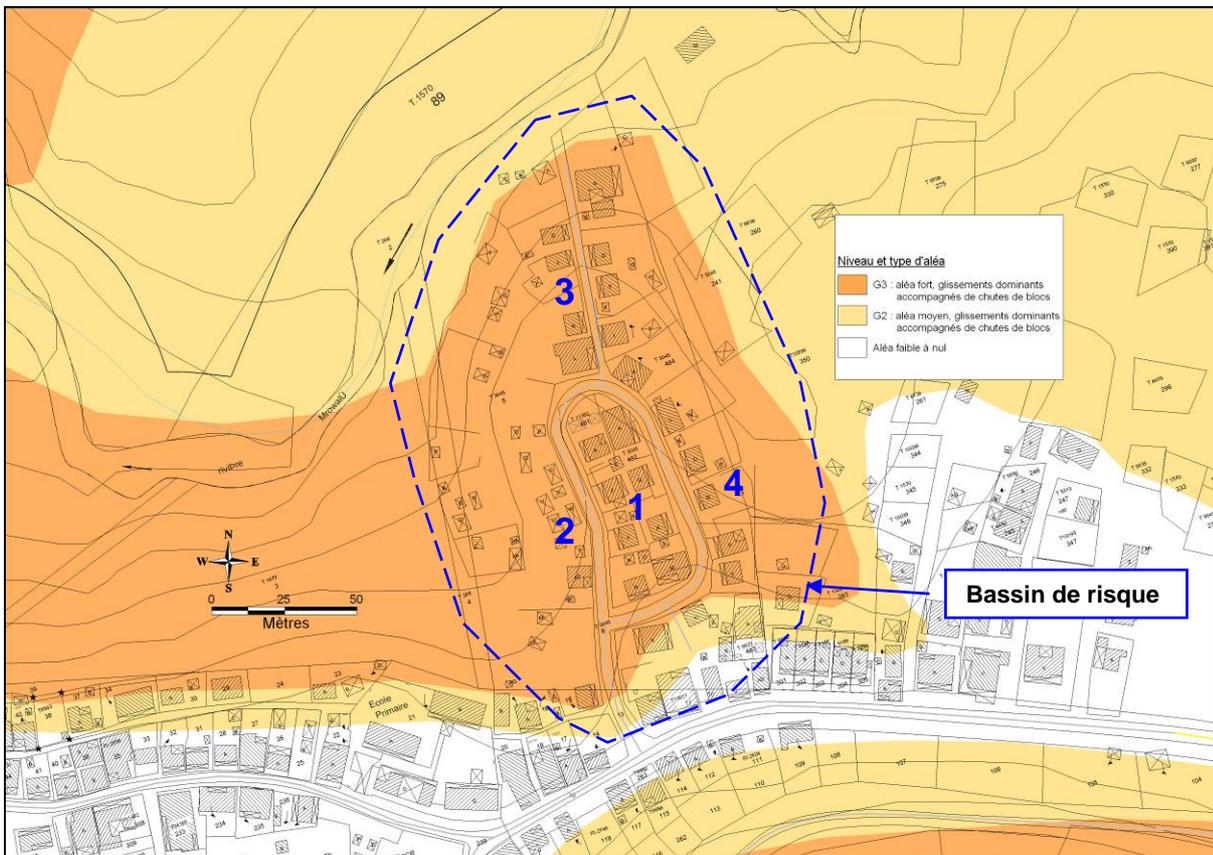


Illustration 2 : Localisation du bassin de risque et zonage de l'aléa « mouvement de terrain » issu de l'atlas (fond cadastral, échelle : 1/1000).

### Observations et description de la zone après investigations de terrain

#### - Morphologie

La zone est constituée d'une butte avec une surface de crête relativement plane sur 0,5 Ha (cf. Illustration 2, [point 1](#)), dont les flancs sont caractérisés par des pentes plus ou moins importantes, autour de 25° en général avec localement des pentes pouvant être supérieures à 30° (versant Ouest, CF. Illustration 2, [point 2](#)). Les pentes les plus raides (Illustration 3) s'étendent sur une faible distance, de l'ordre de 15 mètres alors que dans les bas de ces versants (Illustration 4), les pentes sont plus douces, autour de 15°.

Dans ce secteur (Ouest), des terrassements ont été effectués directement en contrebas des maisons situées en partie amont du versant et ont permis l'implantation de quelques bangas (illustrations 3 et 5).



Illustration 3. Cliché du 27/01/09



Illustration 4. Cliché du 27/01/09



Illustration 5 : Terrassements et implantation de bangas en contrebas des maisons situées en amont du versant Ouest. Cliché du 27/01/09

Au Nord, le versant présente une pente proche de 20° (cf. Illustration 2, [point 3](#)), entre le replat de la crête et le lit du cours d'eau en aval (Illustrations 6 et 7).



Illustration 6. Vue amont du versant Nord.  
Cliché du 27/01/09



Illustration 7. Vue aval et exutoire de l'ouvrage permettant l'évacuation des eaux pluviales.  
Cliché du 27/01/09

Le versant Est (cf. Illustration 2, [point 4](#)) possède une morphologie similaire à celui du versant Nord avec des pentes moyenne de 20°.

Cet ensemble de relief est délimité de part et d'autre par des ravines temporaires s'écoulant approximativement du Sud vers le Nord.

La délimitation à cette échelle d'investigation, des classes de pente nécessiterait un levé topographique précis au droit de la zone d'étude. Les observations relatives aux valeurs pentes faites dans le cadre de cet avis sont basées uniquement sur des appréciations visuelles.

#### - Nature des matériaux

Les matériaux, visibles en sub-surface, sont essentiellement constitués d'altérites évoluées de type limono-argileux, brun clair à gris, et fortement compact (Illustration 8).



Illustration 8 : Matériaux composant le relief. Cliché du 27/01/09

#### - Facteurs aggravants

Les sols sont par endroit dénudés de végétation en raison des pratiques agricoles (cf. Illustrations 3 et 4). La mise à nu de ces matériaux va induire, en saison pluvieuse, une érosion importante sur l'ensemble des versants, et générer des écoulements chargés en sédiments.

Les griffes d'érosion observées, peuvent engendrer à terme, par érosion régressive, des instabilités d'ensemble surtout dans les zones où les talus sont raides et où l'homme exerce une activité néfaste pour la stabilité des terrains (décaissement sans protection des talus, remblaiement en tête de talus (→ surcharge), rejet non maîtrisé des eaux pluviales et/ou usées).

- Indices d'instabilité

Lors de la visite de terrain, une légère fissure a été constatée dans le mur d'une maison située en surplomb du versant Ouest (Illustration 9). On peut penser que le sol (altérites évoluées et très compact) se soit en quelque sorte affaissé sous l'effet du poids de l'habitation, ce qui a provoqué une petite fissure verticale sur une des parois. La localisation de cette fissure réconforte notre supposition puisqu'elle s'est formée juste à l'endroit où la pente se dessine et où le sol commence à plonger.



Illustration 9. Mise en évidence d'une légère fissure dans le mur d'une maison surplombant le versant Ouest. Cliché du 27/01/09.

Mis à part ce constat, aucun autre indice d'instabilité des sols n'a été relevé lors de la visite de terrain.

## Conclusions

Les observations complémentaires apportées dans le cadre de cet avis amènent à modifier le zonage établi dans l'atlas des aléas naturels sur les communes de Bandraboua et Tsingoni (RP-53116-FR). Ci-dessous, la réactualisation du zonage de l'aléa « mouvement de terrain » au 28/01/2009.

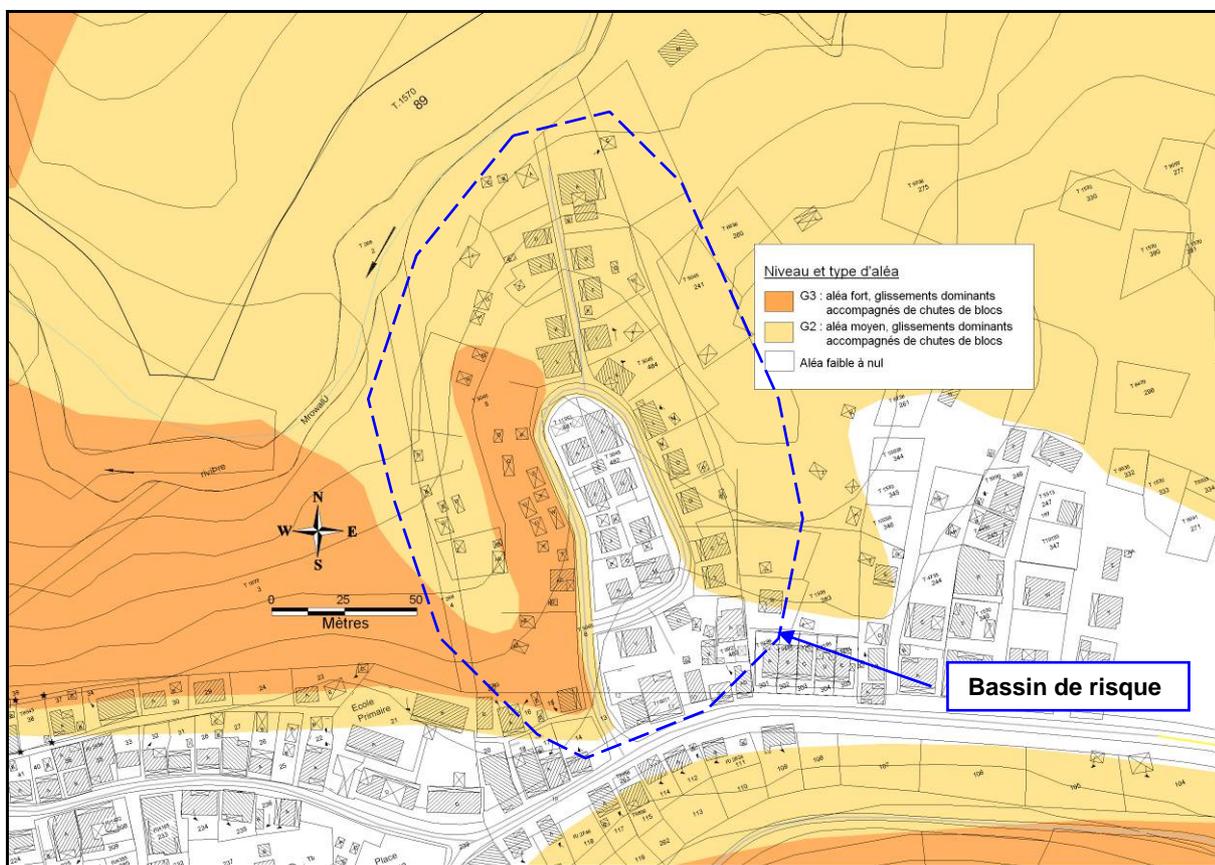


Illustration 10. Zonage de l'aléa « mouvement de terrain » modifié d'après le présent avis (fond cadastral).

On retiendra notamment les éléments principaux suivants ayant conduit au **déclassement de l'aléa fort en aléa moyen voire faible à nul** :

➔ Le sommet de la butte est relativement plat → zone d'aléa faible à nul ;

- Les valeurs de pente sont de l'ordre de 20° en moyenne sur les versants Nord et Est ;
- Aucun indice d'instabilité n'a été relevé dans ces secteurs.
- Le collecteur des eaux pluviales semble bien fonctionner et l'évacuation se fait le long du versant Nord pour atteindre le cours d'eau en aval.
- Le bas de versant Ouest montre des pentes douces et représente morphologiquement un fond de ravine avec écoulement temporaire → zone d'aléa moyen.
- La rivière Mrowalé s'écoulant au Nord du bassin de risque ne semble pas contribuer à la déstabilisation du versant.

On retiendra notamment les éléments principaux suivants ayant conduit au **maintien de l'aléa fort** sur une partie du versant Ouest :

- Valeur de pente proche voire supérieure à 30° localement et/ou hauteur d'escarpement supérieure à 5 mètres.
- Matériaux constitués d'altérites évoluées et ayant une sensibilité élevée à l'occurrence de glissements de terrain d'ampleur potentiellement assez importante dénudées de végétation.
- Facteurs d'aggravation augmentant l'exposition des sols à l'érosion (cultures sur versant).
- Indice d'instabilité (fissure) constaté sur une des habitations surplombant le versant.

## 2. L'aléa inondation

La cartographie de l'aléa « inondation » réalisée par le BRGM dans le cadre de l'atlas des aléas naturels sur les communes de Bandraboua et Tsingoni<sup>5</sup>, fait figurer dans ce secteur des zones d'aléa fort « inondation ». La cartographie étant établie au 10 000<sup>e</sup> sur cette zone, l'utilisation de ces cartes à l'échelle parcellaire doit tenir compte d'une marge d'imprécision de l'ordre de 10 m.

Ces zones d'aléa fort correspondent :

- Dans la partie Nord du bassin de risque, au tampon d'environ 10 mètres à partir de l'axe longitudinal du cours d'eau et le long de la rive gauche de la rivière Mrowalé, intégrant les hauteurs maximum d'eau lors de crue ainsi que l'érosion de berge.

---

<sup>5</sup> J.-C. Audru, B. Auber, J.-F. Desprats, N. Frissant, O. Jossot, C. Mathon, D. Moiriat, J.-L. Nédellec, O. Sedan et N. Zornette, avec la collaboration de S. Guillobez (Cirad), de P. Daniel et de B. Haie (Météo-France) : Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Bandraboua et Tsingoni. **Rapport BRGM/RP-53116-FR. Juin 2004.**

➡ Dans la partie Est du bassin de risque, à un fond de ravine noté en aléa fort avec des écoulements temporaires mais intenses lors de grosses pluies.

Les observations de terrain ont permis la validation du zonage établi dans le cadre de l'atlas. Elles ont aussi permis la prise en considération d'un autre petit écoulement à l'Ouest du bassin de risque et au sein d'une unité hydrogéomorphologique de type ravine temporaire de même configuration que la ravine à l'Est (cf. Illustration 11).

Ce sera la seule modification apportée au zonage de l'aléa « inondation » dans ce bassin de risque.

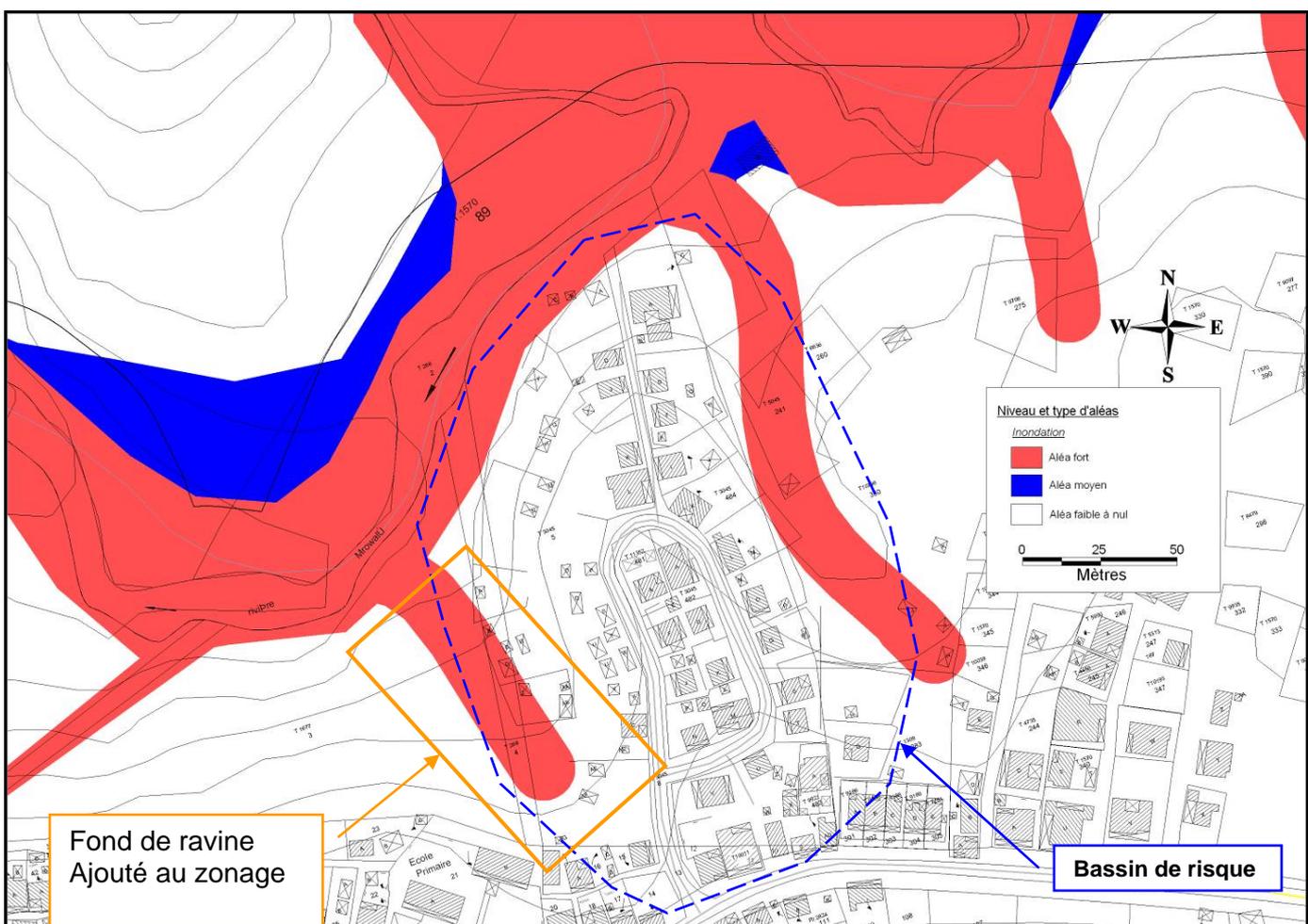


Illustration 11. Zonage de l'aléa « inondation » modifié d'après le présent avis (fond cadastral).

**6. Note 2009 SAR/MAYOTTE 05. Avis sur une étude géotechnique quant à la construction de cinq bâtiments dans un lotissement (SCCV les Couroles) à Hajangoua.**





Direction de  
l'Équipement de Mayotte

## **Avis sur une étude géotechnique quant à la construction de cinq bâtiments dans un lotissement (SCCV les Couroles) à Hajangoua.**

Février 2009

J.L. Nédellec

A. Oppermann

**Note 2009 SAR/MAYOTTE 05  
Projet PSP08MAY28 – Appui DE 2008**

**Service géologique régional de Mayotte**  
9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni  
BP 1398  
97600 – Mamoudzou France  
Tél. : 02 69 61 28 13 – Fax : 02 69 61 28 15





<b>Appui 2008 à la Direction de l'Équipement de Mayotte</b>	
<b>Date de la visite :</b> 09/02/2009	<b>Site :</b> Lotissement au Nord-ouest du village
<b>Commune :</b> Dembéni, Hajangoua.	
<b>Participant(s) :</b> A. Oppermann	
<b>Objet :</b> Avis sur une étude SEGC concernant un projet de construction de bâtiments à Hajangoua.	
<b>Demandeur :</b> DE/SEC	
<b>Diffusion :</b> DE/SEC et Antenne BRGM de Mayotte.	

### **Circonstances de l'intervention du BRGM**

S. Gremminger (DE/SEC/HEA) a sollicité le BRGM afin d'obtenir un avis de celui-ci sur une étude effectuée par le bureau d'étude SEGC Mayotte dans le cadre d'un projet de construction de cinq bâtiments dans un lotissement (SCCV les Couroles) à Hajangoua.

Le BRGM est déjà intervenu à plusieurs reprises dans le cadre de ce projet. Un avis, datant de septembre 2007, à notamment été donné par rapport à la stabilisation de la parcelle et du versant selon les dispositions du projet afin de maîtriser l'aléa sur le site.

Il en ressort que le BRGM a vivement recommandé à l'aménageur de s'adjoindre les compétences d'un bureau d'étude géotechnique car les dispositions de stabilisation annoncées en premier lieu ne permettaient pas selon le BRGM de maîtriser l'aléa, mais au contraire, l'aggravait.

En conséquence, des visites de terrain ont déjà été effectuées ces dernières années pour la formulation de l'avis de Septembre 2007.

Une autre visite de terrain a récemment été effectuée par le BRGM le 09/02/2009 en vue de noter une évolution éventuelle du versant depuis les précédentes visites. Rien de particulier n'est à signaler dû au manque de visibilité et à la difficulté d'accès du fait de la revégétalisation du versant.

### **Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM**

La DE a fourni le rapport SEGC numéro 1331 d'octobre 2008 en version papier intégrale et s'intitulant : « Construction de cinq bâtiments au lotissement Flamme d'or à Hajangoua - SCCV les Couroles - Communes de Dembéni - Reconnaissance hydrogéologique et géotechnique mission de type G11 + G12 ».

### **Observations ressortant des compétences du BRGM**

#### Données issues des travaux du BRGM

Pour rappel, dans l'atlas des aléas naturels concernant la commune de Dembéné<sup>6</sup>, ce secteur a été cartographié pour les mouvements de terrain au 1/ 25 000 comme étant en aléa fort P3 : chutes de blocs dominantes accompagnées de glissements.

Dans le cadre de l'appui technique de septembre 2007, une visite sur le site était effectuée le 21 juillet 2007 et conduisait à modifier la nature de cet aléa : les indices relevés mettaient en évidence la prépondérance de l'aléa glissement. La zone, initialement en aléa fort P3, a donc été modifiée en aléa fort G3 (glissements dominants accompagnés de chutes de blocs).

En résumé, le projet se situe sur une crête au nord du village d'Hajangoua. Le versant sud et le sommet de la crête présentent des pentes faibles à modérées et un aléa moyen (glissements dominants) qui peut être maîtrisé par des aménagements à l'échelle de plusieurs parcelles. En revanche, le versant nord, sur lequel le projet s'étend en partie, présente des pentes beaucoup plus fortes. Ces pentes s'accroissent en contre bas du projet.

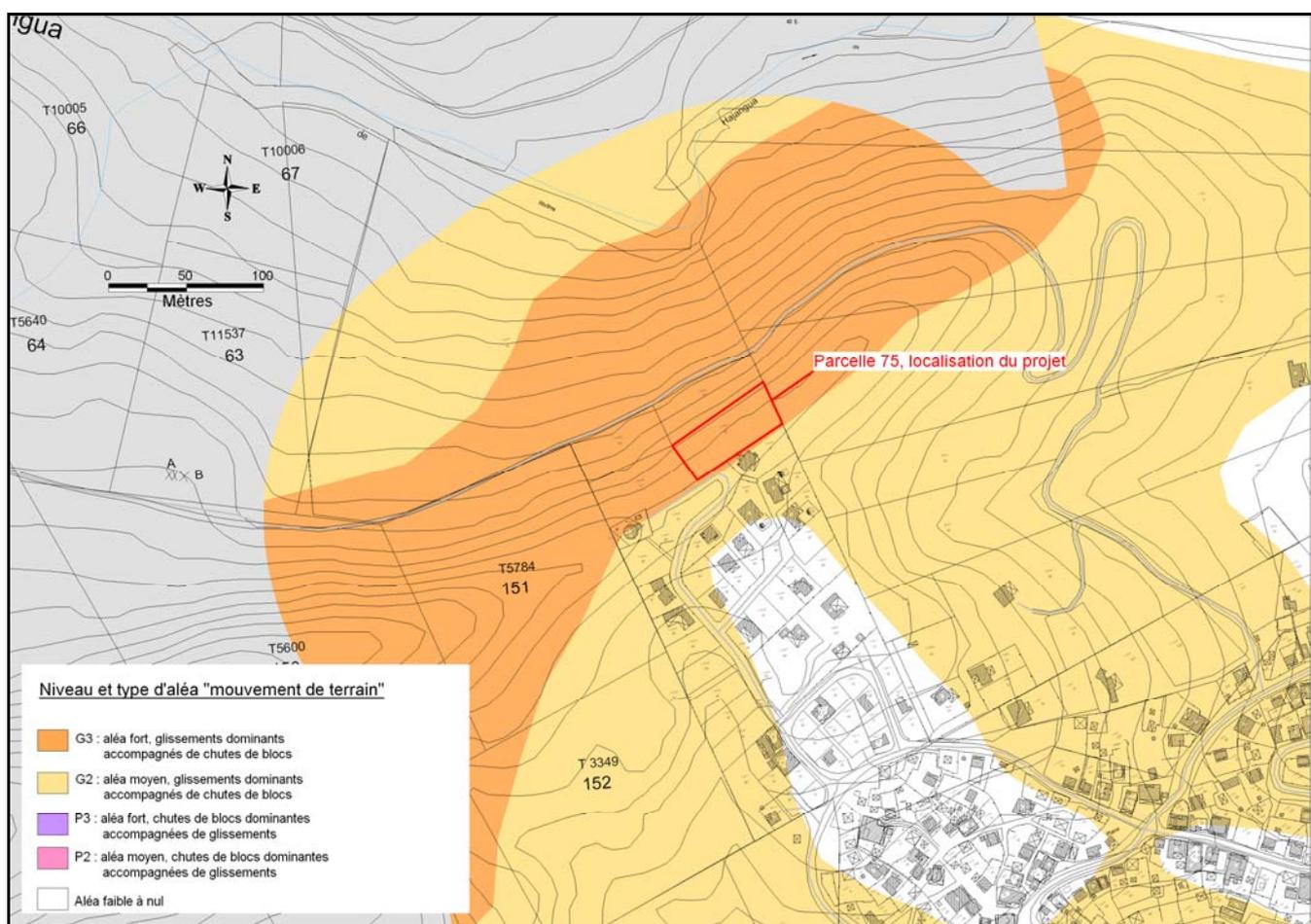


Illustration 1 : Localisation du site et zonage de l'aléa « mouvement de terrain » après mise à jour. (Fond cadastral, Hajangoua).

### Observations relatives au contenu de l'étude géotechnique

<sup>6</sup> Audru J.C., Eucher G., Desprats J.-F., Jossot O., Mathon C., Nédellec J.-L., Sedan O. avec la collaboration de Guillobez S. (Cirad), de Daniel P. et de Haie B. (Météo-France) 2004 – Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Bandrélé et Dembéné. Rapport BRGM RP-53678-FR.

## **1/. Avis sur le programme d'investigation et d'études**

L'étude SEGC est principalement basée sur la réalisation et l'exploitation de 5 sondages pressiométriques (23 essais au total), 10 sondages au pénétromètre dynamique léger et 2 essais de cisaillement rectiligne consolidés drainés pratiqués en laboratoire.

La densité de sondages est très correcte et le type d'essais est assez bien adapté au contexte de terrains.

Des modélisations de stabilité de versant en 2D ont été pratiquées à l'aide du Logiciel TALREN. L'approche est correcte.

On pourra cependant déplorer que le bureau d'étude se soit désintéressé des terrains de part et d'autre de la parcelle étudiée, et en particulier, n'ait pas relevé la présence d'indices de glissements anciens relativement important sur la parcelle immédiatement à l'Ouest où une habitation vient d'être achevée.

## **2/. Interprétation des essais**

Nous n'avons pas examiné dans le détail l'interprétation des essais pratiqués, mais nous avons noté une assez bonne cohérence entre les résultats des essais in situ et ceux pratiqués en laboratoire. Les valeurs de cohésion obtenues ne semblent pas aberrantes dans ce type de formation, l'angle de frottement interne apparaissant toutefois un peu élevé.

L'obtention de deux résultats d'essais en laboratoire ne permet pas d'apprécier la représentativité réelle de ces valeurs, mais comme précédemment indiqué, la comparaison avec les résultats des essais in situ ne les remet pas en question.

## **3/. Calculs de portance et de tassements**

Les calculs de portance et de tassement ont été réalisés selon des méthodes pressiométriques. L'attention est attirée sur le fait qu'aucune correction n'a été faite pour prendre en compte la présence d'appuis en tête de talus. Il est recommandé au pétitionnaire du permis de construire de demander à SEGC de préciser ce point afin, au besoin, de corriger les valeurs annoncées de descentes de charge admissibles.

## **4/. Calculs de stabilité**

La méthode retenue n'amène pas de commentaire. Toutefois, on regrettera plusieurs points :

☛ Pas d'intégration d'une trace de glissement fossile plus au nord, ce qui aurait permis d'examiner la sensibilité de la stabilité de versant aux paramètres géotechniques (par exemple voir si avec  $\phi = 30^\circ$  et  $c' = 12$  kPa le secteur n'est plus du tout stable) ;

☛ Pas de présence d'accumulation de colluvion en pied de versant, toute la morphologie est supposée en matériaux altéritiques ;

☛ Les valeurs de contraintes surfaciques modélisant les charges apportées par la construction, ne sont pas précisées sur la feuille de résultats.

La prise en compte d'accélération sismiques n'est pas réglementairement indispensable pour ce type de construction. Mais quitte à l'intégrer, SEGC aurait dû prendre en compte un effet de site topographique (tel que précisé sur la première figure du chapitre 1.4, page 2 du rapport SEGC, montrant que dans l'atlas des risques, la zone d'étude est située au sein d'une enveloppe de couleur marron) conduisant à une accentuation des accélérations sismiques.

En tout état de cause, les résultats de facteur de sécurité minimal  $F = 1,1$  et  $1,26$  calculés par SEGC paraissent satisfaisants.

## **5/. Recommandations générales SEGC**

Ces recommandations sont assez succinctes. Entre autre, on s'étonnera qu'aucune précaution n'ait été émise quant à la création d'assainissements autonomes en partie basse du versant, ce type d'aménagement risquant de libérer de l'eau dans les colluvions et en cas de rupture de canalisation de favoriser l'infiltration directement dans le versant.

De même, aucun élément de dimensionnement et de construction n'est spécifié sur le mur de soutènement aval.

## **Conclusions**

Les investigations de terrain réalisées par SEGC ont mis en évidence la bonne qualité apparente des terrains sur une forte épaisseur, ce qui irait dans le sens d'une stabilité relativement correcte du versant.

Toutefois, on regrettera que le bureau d'étude n'ait pas intégré l'existence d'indices de glissement ancien sur la parcelle immédiatement à l'Ouest et n'ait pas procédé à des préconisations plus précises en terme de constructibilité. De même, on pourra s'étonner que SEGC n'ait pas pris en considération une correction sur le calcul des portances admissibles du fait de la configuration de tête de versant.

Eu égard au fait que ces observations ne sont pas bloquantes à ce stade du projet, nous nous opposons plus à la délivrance de permis de construire par la Direction de l'Équipement, sachant qu'il est vivement recommandé au pétitionnaire du permis de construire d'interroger à nouveau SEGC pour lever ces incertitudes avant d'engager les travaux.

## **7. Note 2009 SAR/MAYOTTE 06. Diagnostic suite aux instabilités ayant affecté le versant amont de la RN1 aux abords du PR6+500 (Majikavo Koropa, commune de Koungou).**





Direction de l'Équipement  
de Mayotte

# **Diagnostic suite aux instabilités ayant affecté le versant amont de la RN1 aux abords du PR6+500 (Majikavo Koropa, commune de Koungou).**

Janvier 2009  
C. Garnier

**Note 2009 SAR/MAYOTTE 06  
Projet PSP08MAY28 – Appui DE 2008**

**Service géologique régional de Mayotte**  
9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni  
BP 1398  
97600 – Mamoudzou France  
Tél. : 02 69 61 28 13 – Fax : 02 69 61 28 15





<b>Appui 2009 à la Direction de l'Équipement de Mayotte</b>	
<b>Date de la visite :</b> 14/01/2009	<b>Site :</b> Majikavo Koropa
<b>Commune :</b> Koungou	
<b>Participant(s) :</b> F. Licoine (DE), A. Oppermann (BRGM), C. Garnier (BRGM)	
<b>Objet :</b> Evaluation des risques résiduels et mesures de sécurisation nécessaires	
<b>Demandeur :</b> DE 976/ Service Infrastructures	
<b>Diffusion :</b> DE 976/SI et Antenne BRGM de Mayotte	

### **Contexte**

Suite aux désordres ayant affectés le versant en amont de la RN1 à la sortie de Majikavo-Koropa (vers le PR6+500), F. Licoine (DE/ Adjoint au Chef SI) a sollicité le BRGM (demande en date du 09/01/09) pour une expertise visant :

- à évaluer les risques résiduels d'une part pour la RN1 et d'autre part pour les constructions du lotissement Majikoro implantées en sommet de versant ;
- à définir les dispositions de sécurisation à mettre en œuvre pour préserver la sécurité des usagers de la route et pour les constructions menacées.

Le diagnostic a été réalisé exclusivement à partir de reconnaissances visuelles depuis la route et depuis le sommet de versant. Une visite du site a été effectuée le 13/01/09 après-midi en présence des participants listés ci-dessus. Les observations réalisées à cette occasion ont été complétées par une seconde visite (présence seule du BRGM) réalisée en cours de matinée du 14/01/09.

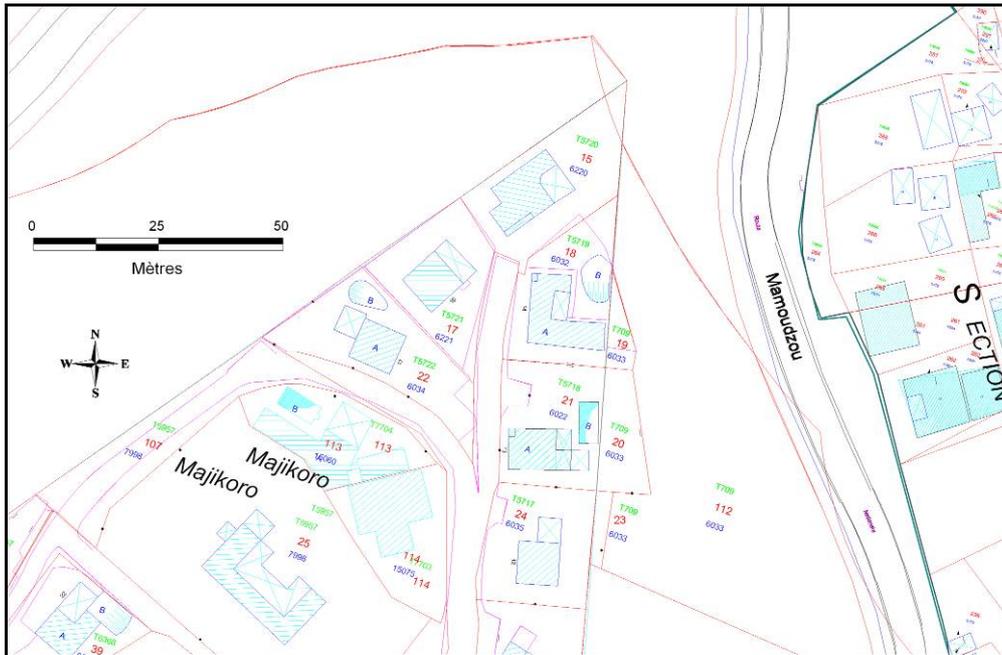
Le 13/01, une visite de la parcelle propriété de M. Torinière (n°BE15) a été réalisée en présence des propriétaires, ainsi que de la parcelle voisine n°BE18.



**Illustration 1 : Localisation de la zone d'étude – extrait SCAN 25 IGN agrandi au 1/10000**



**Illustration 2 : Vue générale de la zone d'étude – cliché Août 2008**



**Illustration 3 : Extrait découpage cadastral dans la zone d'étude**

### **Observations et diagnostic**

Les pluies survenues courant décembre 2008, et notamment en début de journée du 15, ont entraîné la formation de plusieurs niches d'arrachement dans la partie supérieure du versant dominant la RN1 aux abords du PR6+500 (sortie nord-ouest de Majikavo-Koropa). L'ordre de grandeur du volume total de matériaux mobilisé a été estimé en première approche à plus de 1000 m<sup>3</sup>, entraînant le recouvrement d'une, voire des deux, voies de la chaussée (aucune victime n'a été à déplorer). Le versant est constitué d'altérites dont le stade d'évolution est très avancé dans la partie supérieure.

## 1. Désordres observés

↳ **Partie nord de la zone d'étude** (en amont du talweg rejoignant la route) :

Le talus présente à ce niveau une hauteur de l'ordre d'une quinzaine de mètres. Dans sa partie supérieure, M. Torinière a édifié sur la partie nord-est de l'emprise de sa parcelle BE15 (et pour partie sur l'emprise de la parcelle mitoyenne BE14), progressivement au cours des 18 derniers mois semble-t-il (sans étude préalable), une plate-forme de 5 m de large environ, délimitée en amont par un mur maçonné (mur moellons) d'une hauteur moyenne de 2 m. Dans sa partie aval, la plate-forme est constituée de la façon suivante (cf. Illustrations ci-dessous) :

- mur moellons de 4 m de hauteur environ, 0,50 m de largeur en tête. Selon M. Torinière, ce mur serait « ancré » dans le sol par l'intermédiaire de 8 « pieux » béton de 2 m à 2,50 m de profondeur ;
- ce mur moellons est consolidé à sa base par une banquette en béton, prolongé dans la partie sud-ouest de l'ouvrage par des gabions ;
- le pied du dispositif est constitué d'une semelle en béton d'une dizaine de centimètres d'épaisseur pour une largeur de l'ordre de 1,50 m environ.

Selon les indications apportées par les propriétaires, l'activité « chronique » de glissement et ravinement affectant le versant en contrebas de l'ouvrage aurait eu pour effet une ablation de matériaux ayant fait reculer, au cours des dernières années, le profil du terrain au pied de l'ouvrage de l'ordre de 1 m à 1,50 m. L'épisode du 15/12/08 a très significativement accéléré le processus, avec un départ de matériaux de plusieurs dizaines de m<sup>3</sup>. La semelle béton est aujourd'hui en surplomb sur une large partie de son linéaire, sur une profondeur atteignant plusieurs décimètres. On notera également un affaissement de la semelle ainsi que, jusqu'à ce que cet ouvrage ait été partiellement déconstruit début janvier (cf. Illustration 4), des gabions sus-jacents.

L'observation du mur moellons en contrehaut et de la plate-forme ne met pas en évidence de désordre perceptible.



**Illustration 4 : clichés datés du 17/09/08 (gauche) et du 16/12/08**

Après l'épisode pluvieux du 15/12/08, le propriétaire aurait modifié le schéma d'évacuation des eaux ruisselant sur son terrain. Le schéma observé lors de la visite s'appuie sur deux canalisations semi-circulaires en PVC. La première renvoie une partie des flux collectés dans le talweg (après une chute de l'ordre de 3 m), tandis que la seconde se déverse en tête de versant à l'extrémité nord-est de la plate-forme (cf. Illustrations 5 et 6).



**Illustration 5 : Plate-forme et ouvrages de soutènement sur la parcelle BE15 (clichés 13/01/09)**



**Illustration 6 : rejet des eaux de la plate-forme en tête de versant**

↳ **Partie centrale de la zone d'étude** (au droit des constructions sises sur les parcelles BE18 et BE21) :

Le versant présente à ce niveau une hauteur de l'ordre d'une vingtaine de mètres, pour une pente moyenne de l'ordre de 70°. Il se caractérise par la présence de plusieurs redans de 3 m de hauteur environ pour une profondeur de l'ordre de 1,50 m. Les désordres ont affectés la partie supérieure du versant (hauteur de l'ordre de 5 m), sur un linéaire d'une trentaine de mètres (au droit quasiment de la totalité de la parcelle BE18 et au droit du tiers nord environ de la parcelle BE21), tandis que la partie en redans de la pente n'a pas subi d'arrachement.



**Illustration 7 : Zone centrale du versant (clichés 13/01/09) – à gauche : bordure de terrasse de la parcelle BE18**

**Au niveau de la parcelle BE18**, les instabilités ont entraîné le déchaussement de l'ouvrage gabions situé en tête de versant et qui supporte une dalle en béton (de 30 à 40 cm d'épaisseur) constituant le soubassement de la terrasse de la construction. Outre le déchaussement des gabions, la dalle est fracturée en plusieurs points et la palissade en bois limitant la terrasse a été endommagée. Dans la partie sud-est de la parcelle, la terrasse est actuellement « dans le vide ».



**Illustration 8 : Désordres au niveau de l'assise de la terrasse de la parcelle BE18 (clichés 13/01/09)**

**La parcelle BE21** n'a pu être visitée. Les observations réalisées depuis le sommet de versant (en limite des deux parcelles) ne montrent pas d'indice de désordre particulier sur son emprise. On soulignera cependant (cf. Illustration 9) que les ouvrages constituant le soubassement de la terrasse ne sont qu'à quelques mètres de la cicatrice d'arrachement et que la bande herbeuse qui les sépare présente des déformées qui peuvent être interprétées comme des indices d'instabilité de la tête de versant.



**Illustration 9 : Clichés pris en mitoyenneté des parcelles BE18 et BE21 – à droite, limite Est de la terrasse en bordure de la rupture de pente (clichés 13/01/09)**

↳ **Partie sud de la zone d'étude :**

Légèrement au Sud du panneau marquant l'entrée dans Majicavo-Koropa, la partie supérieure du versant a été l'objet de deux principales zones d'arrachement. On notera qu'à ce niveau, les habitations du lotissement Majikoro sont sensiblement plus en retrait de la tête de versant que plus au Nord.



**Illustration 10 : Zone de départ partie sud de la zone d'étude**

### ↳ Talus aval de la RN1 :

Sans qu'il soit possible de dater précisément ces désordres (survenue le 15/12/08 ou ultérieurement), les observations de terrain ont mis en évidence une déstabilisation du talus aval de la RN1 sur un linéaire d'une douzaine de mètres, dans la partie nord de la zone d'étude : déchaussement, début d'affaissement et fracturation des ouvrages béton disposés en bordure d'accotement, affaissement de l'accotement et de la voie de circulation aval (sur la moitié de sa largeur environ). Dans la continuité nord, le soubassement est renforcé par des gabions et n'a semble-t-il pas été affecté.



Illustration 11 : Désordres talus aval



Illustration 12 : Désordres talus aval

## 2. *Origine des désordres*

Plusieurs paramètres ont très vraisemblablement conduit à l'occurrence des désordres :

- **le contexte géomorphologique** : sur l'ensemble des zones de départ, les instabilités ont affecté uniquement la partie supérieure du versant, caractérisée par des pentes importantes et par la présence d'altérites fortement évoluées. Ces matériaux, qui présentent une sensibilité élevée aux variations de teneur en eau et des caractéristiques géomécaniques le plus souvent médiocres, sont propices aux phénomènes de glissement / ravinement. Sur le reste du versant, où aucun désordre significatif n'est à déplorer, le stade d'évolution des altérites est nettement moins avancé (altérites « raides ») ;
- **les précipitations très importantes**, dont l'effet a vraisemblablement été double :
  - En premier lieu, il est probable que les pluies survenues les jours précédant la rupture associées aux apports du 15/12 aient entraîné une saturation des altérites en partie supérieure du versant, faisant chuter nettement leur cohésion. Dans la partie nord de la zone d'étude, les observations et témoignages recueillis laissent imaginer que les ouvrages constituant la plate-forme de la parcelle BE15 ont contribué à une mise en charge des terrains et à des résurgences marquées à la base de l'ouvrage (cf. Illustration 4, cliché de droite) ;
  - D'autre part, les investigations de terrain ont permis de souligner les insuffisances du réseau EP du lotissement Majikoro et leur impact sur le phénomène. En raison du sous-dimensionnement du fossé longeant la voie principale du lotissement (cf. Illustration 3) et de sa pente d'écoulement insuffisante, une partie des eaux se sont semble-t-il déversées pour emprunter la voie d'accès (fortement pentue) desservant notamment les trois parcelles BE15, BE18 et BE21 ; le plus gros rejoignant le talweg après avoir traversé la parcelle BE15 tandis que le reste s'est déversé latéralement entre les parcelles BE18 et BE21. Le ravinement en tête de versant causé par ces apports (plusieurs griffes d'érosion sont visibles dans les zones d'arrachement) a très certainement pris une part prépondérante dans le mécanisme à l'origine des désordres.



Illustration 13 : Griffes d'érosion entre les parcelles BE18 et BE21

- **La plate-forme** construite par M. Torinière, outre l'impact sur la modification des écoulements souterrains, a vraisemblablement contribué à une déstabilisation des pentes sous-jacentes par **effet de surcharge**.

### **Risques résiduels**

#### ***1. Risques pour les habitations et leurs occupants :***

La construction Torinière ne montre pas d'indice d'activité particulier et n'apparaît pas menacée à court terme, même si son implantation dans le talweg sur des terrains certainement de faible tenue (colluvions latéritiques) lui confère une sensibilité marquée. Par contre, la terrasse en bois attenante à la construction ne présente pas toutes les garanties de sécurité : structure porteuse en acier déformée, inclinaison de la plate-forme, qualité des fondations en fond de talweg douteuse.

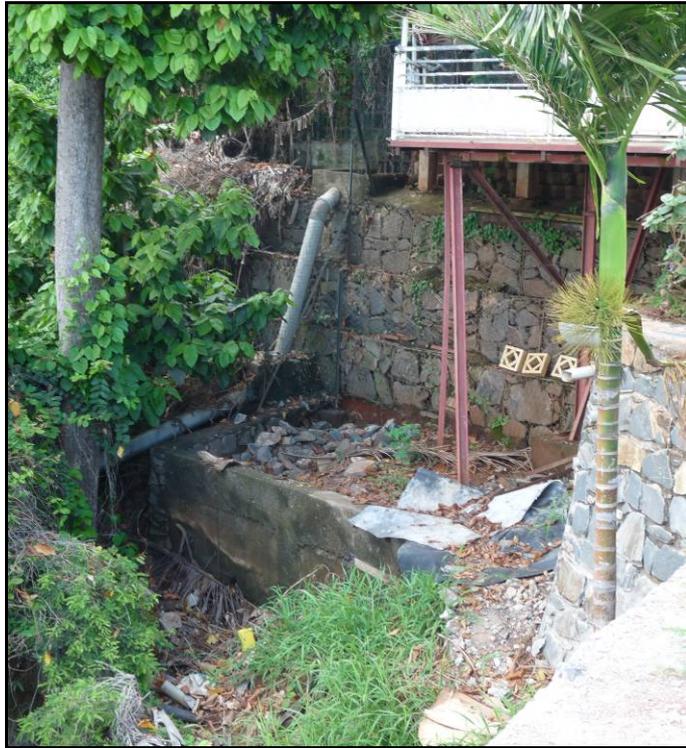


Illustration 14 : Assise de la terrasse de la construction Torinière

En l'état, compte-tenu du risque de voir le processus de glissement/ravinement de la partie supérieure du versant se poursuivre à l'occasion en particulier de fortes pluies, la menace pour la terrasse et l'habitation de la parcelle BE18 (partie Est en particulier) apparaît forte. Le soubassement de la terrasse a été gravement endommagé, voire à l'extrémité sud-est, emporté. Le constat est sensiblement identique en ce qui concerne la parcelle BE21, même si le recul par rapport à la rupture de pente et l'absence de désordre constaté plaident pour un caractère imminent moins prononcé.

Enfin, on soulignera que les désordres ayant affecté le talus aval de la RN1 et les ouvrages béton présents sur l'accotement constituent une menace sérieuse pour les habitations présentes en contrebas immédiat (risque d'effondrement brutal de l'ouvrage).

## **2. Risques pour les usagers de la RN1 :**

Concernant la plate-forme Torinière, on peut craindre que la poursuite du processus de glissement/ravinement qui affecte le versant à sa base associé à la surcharge de l'ouvrage et aux surpressions se développant à l'arrière de celui-ci lors de fortes pluies, puissent entraîner son basculement. Un tel scénario impacterait directement la chaussée (on ne peut exclure - en cas de rupture en masse - que les habitations en contrebas de la route puissent être également touchées).

Sur le reste du linéaire étudié de la RN1, en l'absence de disposition particulière, de nouvelles fortes pluies sont en mesure de générer de nouveaux départs de matériaux dans la partie haute du versant (volumes potentiellement comparables à l'épisode

15/12, voire supérieurs), avec un recouvrement possible de la totalité de la largeur de chaussée.

## **Recommandations**

Sur la base du précédent diagnostic, nous proposons l'adoption des dispositions suivantes :

### **1. Dispositions à très court terme (sans délai) – partie haute du versant :**

- **Suppression de la canalisation d'évacuation des eaux pluviales de la plate-forme aménagée par M. Torinière se déversant actuellement en tête de versant** au Nord-Est de la zone d'étude. L'ensemble des eaux de ruissellement collectées sur l'emprise de la propriété Torinière (eaux provenant du chemin d'accès à la propriété, eau ruisselant sur la plate-forme notamment) seront évacuées dans le fond de talweg par l'intermédiaire du second exutoire. Celui-ci devra être prolongé jusqu'en fond de talweg de façon à éviter l'effet « chute d'eau » (de l'ordre de 3 m) et de minimiser ainsi les ravinements ;
- **Suppression des différents points de rejet d'eaux pluviales observés en tête de versant.** Il s'agit notamment de canalisations d'évacuation d'eaux de toitures (et vidange de piscine ?) déversées dans la pente au niveau de la parcelle n°BE18 (il est possible que de tels rejets existent également sur les parcelles situées plus au Sud - parcelles BE21 et BE24 notamment - mais nous n'avons pu y accéder). Dans l'attente d'une solution pérenne, on cherchera à ramener autant que possible ces eaux dans le fond de talweg présent dans la partie nord de la zone d'étude.
- **Mise en place** sur les différentes zones de départ des instabilités (en proie à une érosion importante) **de bâches en polyane** destiné à minimiser les phénomènes de ravinement et l'infiltration (bâches qui seront retirées après achèvement des mesures définitives exposées plus en avant) ;
- Au regard des désordres observés dans le versant, de la qualité vraisemblablement pour le moins très médiocre des terrains dans le fond de talweg et en bordure immédiate (colluvions), et des déformations visibles au niveau de la terrasse de la construction Torinière et des structures aciers qui la soutiennent, **on proposera que soit temporairement condamné l'accès à cette partie de l'habitation.** Il est recommandé que soit réalisée une étude avec pour objectif de préciser les conditions de fondation et de stabilité de l'ouvrage (la réalisation de cette étude et des prescriptions qui y seront éventuellement attachées étant un préalable à la levée de l'interdiction d'accès) ;
- **Interdiction d'accès à la partie Est** (située à l'arrière immédiat de la rupture de pente) **de la terrasse de la construction sise sur la parcelle n°BE18** (sur une largeur minimale de 5 m). Cela concerne en particulier la partie sud de la terrasse qui est déjà pour partie dans « le vide », mais également sa continuité nord compte-tenu des désordres observés sur les gabions et la dalle béton sur lesquels

elle repose, mais aussi de la qualité très précaire de la palissade. Cette interdiction est à maintenir tant qu'un confortement satisfaisant de l'assise ne sera pas effectif (cf. ci-après). A défaut de façon permanente (ce qui est souhaitable), **on proposera d'autre part que lors de fortes pluies les pièces constituant la partie Est de la construction restent inoccupées** (il s'agit de la partie de la bâtisse située dans le prolongement de la piscine, celle-ci ayant une forme en L) ;

- En dépit des mesures précédemment émises, on ne peut exclure que la poursuite des phénomènes de ravinement (associés aux surpressions se développant semble-t-il à l'arrière des ouvrages - mur moellons aval et assise en béton - mis en place par M Torinière lors de fortes pluies), puisse conduire à de nouveaux désordres, avec ruine totale ou partielle de la plate-forme aménagée. Compte-tenu de l'impact potentiel d'un tel scénario pour l'aval (circulation et potentiellement constructions en contrebas de la route), **on proposera que, dans les meilleurs délais, la déconstruction des différents ouvrages en place (mur moellons aval, gabions, semelle béton) soit mise en œuvre.**

## 2. Dispositions à très court terme (sans délai) – accotement de la RN1 :

- **Concernant la partie du talus aval déstabilisé sur une douzaine de mètres environ** : confortement du talus et reprise en sous-œuvre de l'assise de la chaussée (sur un mode analogue, par exemple, au schéma en place plus au Sud – assise en gabions) ;
- **Mise en place au niveau de l'accotement amont**, sur l'ensemble du linéaire concerné (soit environ 130 m) **de glissières de type GBA** (ou autre dispositif amovible analogue, type BT4), destinées à limiter la potentialité de recouvrement de la chaussée en cas de nouvelles instabilités ;
- Au droit du linéaire de chaussée situé au Sud du talweg, l'efficacité du dispositif de type GBA pourra être significativement améliorée (en tirant profit de l'existence d'un accotement de l'ordre de 3-4 m de large entre le pied de versant et la voie de circulation) par **l'aménagement d'une fosse de réception** (décaissement des terres éboulées mises en dépôt et léger surcreusement. On prévoira le maintien d'un exutoire d'évacuation des eaux pluviales).

## 3. Dispositions à moyen terme (dans les prochaines semaines) – partie haute du versant :

- **Amélioration des conditions d'écoulement et d'évacuation des eaux pluviales du lotissement Majikoro** : une réflexion générale visant autant que possible à empêcher tout déversement des flux drainés sur les propriétés situées en tête de talus (parcelle Torinière et parcelles en continuité Sud) apparaît indispensable : amélioration des capacités de transit (section et pente d'écoulement) du fossé

grillagé situé en bordure de la voie de desserte principale du lotissement (de façon à éviter le déversement d'eau en direction de la voie d'accès aux parcelles étudiées), reprise des eaux ruisselant sur cette dernière, redimensionnement des ouvrages hydrauliques en bordure de propriété Torinière, etc ;

- **Reprise et confortement des ouvrages d'assise des terrasses situées en tête de talus**, sur la base d'une étude spécifique réalisée à court terme (géotechnique et structures).

#### **4. Disposition à moyen terme (dans les prochaines semaines) – accotement de la RN1**

- **Remplacement de la « barrière » type GBA par un écran (mur maçonné ou ouvrage gabions) d'une hauteur minimale efficace de l'ordre de 1,50 m.**

Jusqu'à achèvement des mesures de protection définitive, on demandera que la DE puisse réaliser une inspection visuelle régulière du versant (et notamment à l'issue de chaque épisode pluvieux important) afin de détecter d'éventuels indices de réactivation des désordres.

On insistera sur le fait que tout nouveau désordre dans le versant, ou observation en arrière de la rupture de pente d'indice d'activités jusque-là inconnu, devra conduire à une « mise à jour » de ce diagnostic, avec le cas échéant réévaluation du risque pour la route et les habitations et des mesures conservatoires à adopter.

## **8. Note 2009 SAR/MAYOTTE 07. Précision de l'aléa « mouvements de terrain » concernant la parcelle des gîtes du « relais forestier » en périphérie du Mont Combani.**





Direction de  
l'Équipement de Mayotte

# Précision de l'aléa « mouvements de terrain » concernant la parcelle des gîtes du « relais forestier » en périphérie du Mont Combani.

Mars 2009  
A. Oppermann

**Note 2009 SAR/MAYOTTE 07**  
**Projet PSP08MAY28 – Appui DE 2008**

**Service géologique régional de Mayotte**  
9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni  
BP 1398  
97600 – Mamoudzou France  
Tél. : 02 69 61 28 13 – Fax : 02 69 61 28 15





<b>Appui 2008 à la Direction de l'Équipement de Mayotte</b>	
<b>Date de la visite :</b> 23/03/09	<b>Site :</b> Gîtes du « Relais Forestier »
<b>Commune :</b> Mamoudzou	
<b>Participant(s) :</b> A. Oppermann	
<b>Objet :</b> Précision de l'aléa « mouvements de terrain » sur l'emprise de la parcelle des gîtes du « relais forestier » en périphérie du Mont Combani.	
<b>Demandeur :</b> DE/SEC et DE/SAUH	
<b>Diffusion :</b> DE/SEC, DE/SAUH, et Antenne BRGM de Mayotte	

### **Circonstances de l'intervention du BRGM**

S. Gremminger (DE/SEC/HEA) a sollicité le BRGM afin d'obtenir un avis de celui-ci sur l'emprise de la zone d'aléa fort mouvements de terrain, « chutes de blocs dominantes », concernant la parcelle des gîtes « relais forestier » dont le propriétaire est Mr F. Vivier. Cette intervention s'inscrit dans le cadre d'une régularisation du permis de construire.

### **Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM**

La DE a fourni son rapport post-visite de terrain (visite du 4 mars 2009) ainsi que des illustrations aidant à la localisation de la parcelle et l'emprise de la zone d'aléa.

### **Observations ressortant des compétences du BRGM**

#### Données issues des travaux du BRGM

La parcelle se situe en aval du Mont Combani dans la ville de Mamoudzou (cf. illustration 1). D'un point de vue morphologique, la zone présente des versants d'une hauteur supérieure à 10 mètres avec des valeurs de pente avoisinant les 30 degrés. Plus précisément, la parcelle est localisée sur un versant constituant un prolongement du relief vers le Sud. Elle comprend la ligne de crête marquant cette extension du relief. Les constructions sont situées à environ 10 mètres en aval de la ligne de crête (sentier GR) et s'étendent jusqu'à 30 mètres plus bas (cf. illustration 3).

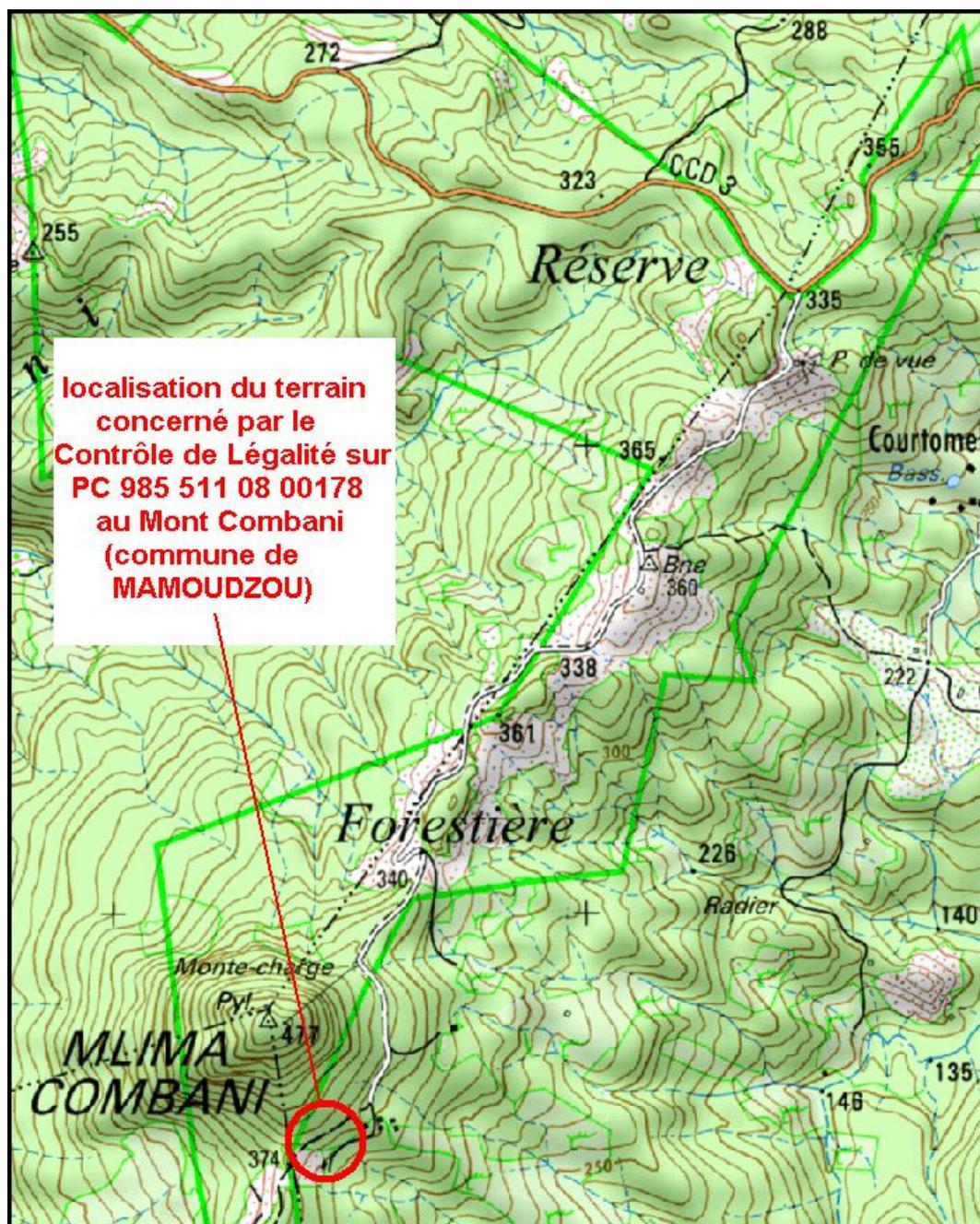


Illustration 1. Localisation de la parcelle et des constructions (gîtes), source DE 976.

La cartographie de l'aléa « mouvements de terrain » réalisée par le BRGM dans le cadre de l'atlas des aléas naturels à Mayotte, communes de Mamoudzou, Koungou, Dzaoudzi et Pamandzi<sup>7</sup>, fait figurer sur le secteur de la parcelle un niveau d'aléa fort de chutes de blocs (P3).

<sup>7</sup> J.-C. Audru, A. Bitri, J.-F. Desprats, C. Mathon, N. Maurillon, J.-L. Nédellec, O. Jossot, J.-P. Rançon, P. Sabourault, O. Sedan, M. Terrier-Sedan et N. Zornette, avec la collaboration de P. Stollsteiner (Antéa), de S. Guillobez (Cirad), de P. Daniel et de B. Haie (Météo-France) : Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Mamoudzou, Koungou, Dzaoudzi et Pamandzi. Rapport BRGM/RP-53037-FR

Dans le cadre de l'élaboration du Plan de Prévention des Risques (PPR) sur la commune de Mamoudzou, la cartographie de l'aléa mouvement de terrain a été reprise de l'atlas selon une méthodologie inscrite dans la note de présentation du PPR, et cela, sans entraîner de modifications des délimitations des zones d'aléa. (Illustration 2). Une précision est apportée tout de même dans la caractérisation de l'aléa. En effet, dans la nouvelle cartographie PPR, cette zone est qualifiée d'aléa fort mouvements de terrain, « chutes de blocs dominantes accompagnées de glissements » (P3G2).

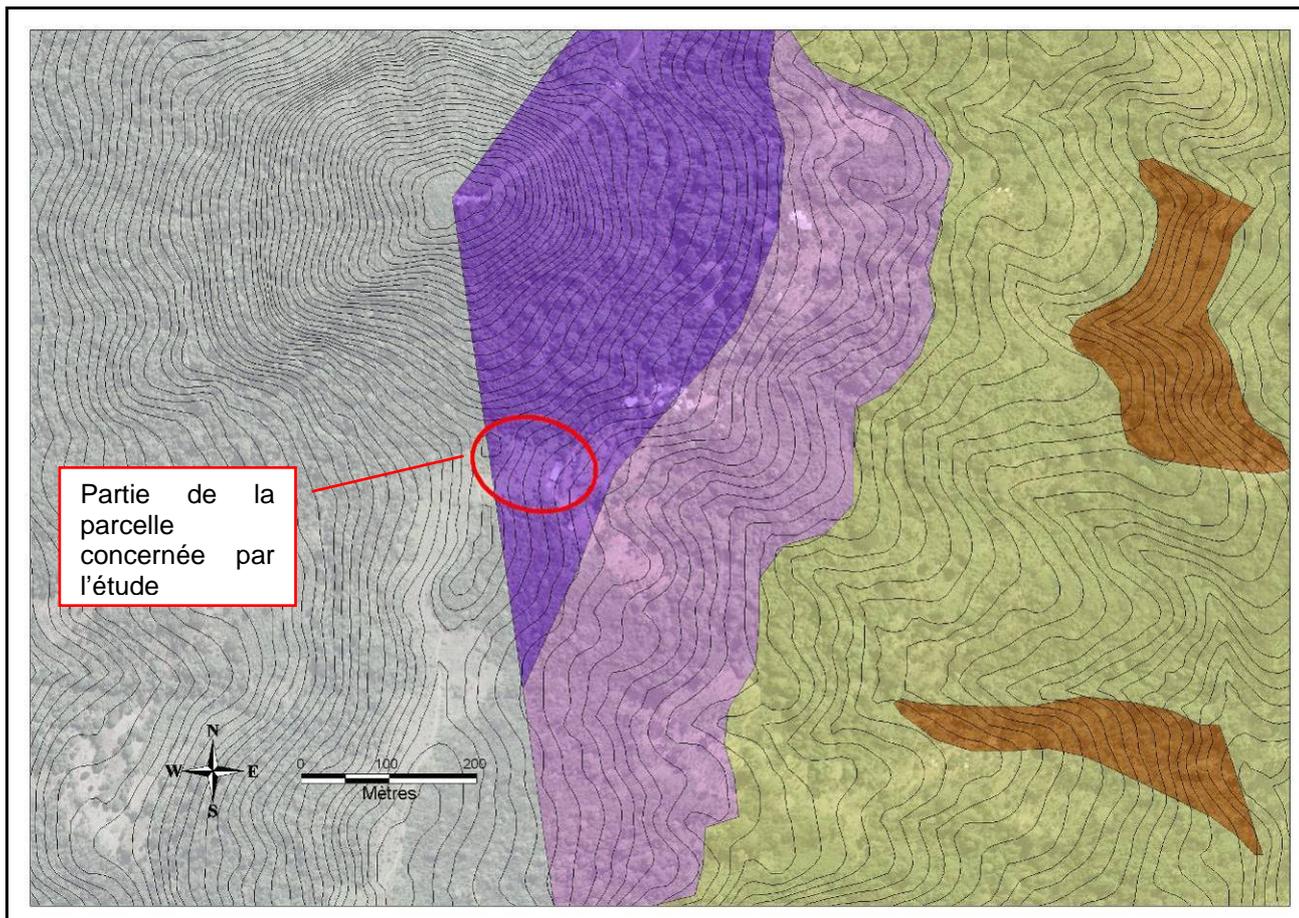


Illustration 2. Localisation du projet et zonage de l'aléa mouvement de terrain (fond orthophotos 2003 © IGN), échelle 1/5000.

*Légende : Aléa fort « chutes de blocs dominantes » en violet ; aléa moyen « chutes de blocs dominantes » en rose, aléa fort « glissements de terrain dominants » en orange, aléa moyen « glissements de terrain dominants » en jaune.*

#### Observations relatives à la visite de terrain

La visite de terrain a permis de constater la présence de blocs sur cette parcelle. Ces blocs sont de taille variable (de 10L à 300L maximum). Ils sont présents sur le versant depuis un temps considérable étant donné leur aspect (photos 1 et 2) et nos observations. Les blocs apparaissant comme plus récemment déchaussés du versant amont, ont été remaniés artificiellement lors des travaux de constructions et

d'aménagement du site, selon les informations données par le propriétaire, Mr F. Vivier.

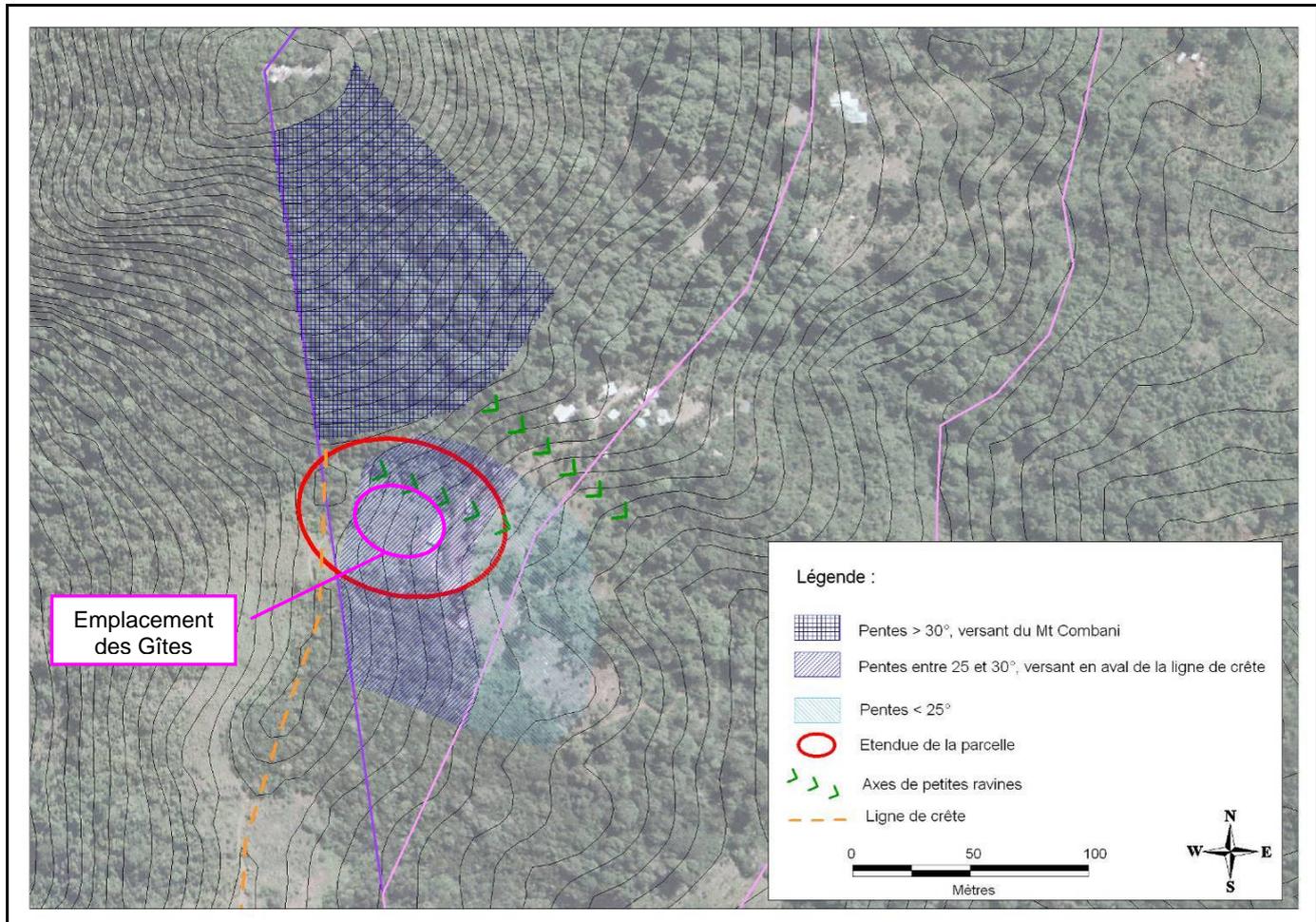


Illustration 3. Géomorphologie du site et localisation des constructions, (fond orthophotos 2003 © IGN) échelle 1/3000.



Photos 1 et 2. à gauche, le plus gros bloc (environ 300L et ayant été bougé par l'homme) présent sur la partie de la parcelle où se trouvent les gîtes et à droite, des petits blocs instables (taille < 60L) éparpillés sur le site.

En amont des gîtes, on retrouve également quelques blocs, notamment sur le sentier GR (photo 3). Celui-ci forme d'ailleurs une sorte de replat et une zone de transition entre les versants du mont Combani et l'emplacement des gîtes.



Photo 3. Sentier GR et présence de blocs.

D'autre part, il est important de souligner que les versants du Mont Combani sont très végétalisés. La couverture végétale joue un rôle considérable dans la stabilité du versant et le maintien des blocs rendus instables par l'action de l'érosion.

La parcelle de Mr Vivier possède également une couverture végétale importante empêchant le ravinement et l'érosion du sol. Il semble aussi que les écoulements sont bien maîtrisés suite aux différents aménagements.

Par ailleurs, Mr Vivier a permis la visualisation d'une étude SEGC qui a été faite sur sa parcelle en 2004, et qui a entraîné l'obtention du permis de construire et la construction des gîtes. L'étude SEGC fait état d'une situation favorable à la mise en place de ce projet vis-à-vis de l'aléa « mouvement de terrain », sous réserve de certaines recommandations qui ont été respectées.

## **Conclusions**

Eu égard de la géomorphologie du terrain, du faible danger amont et des facteurs de stabilité du versant, il conviendrait de redéfinir le classement d'une partie de la parcelle de Mr Vivier en terme d'aléa « chutes de blocs dominantes ».

➤ En effet, les constructions semblent à l'abri des chutes de blocs provenant directement des versants bien marqués et fortement végétalisés du Mont Combani, du fait de leur situation (10-30 mètres en aval de la ligne de crête). Le site est donc à l'écart des versants les plus générateurs de blocs du Mont Combani (cf. Illustration 3). La problématique est alors limitée à une remobilisation possible de blocs de faible volume. Mais les zones de départ ne sont pas très importantes en terme de superficie en amont.

➤ Les blocs présents sur la parcelle en question correspondent à des indices de mouvement de terrain relativement anciens. Malgré une potentialité de remobilisation limitée étant donné que la pente est comprise entre 25 et 30° (cf. Illustration 3), certains de ces blocs sont instables sur la parcelle. Il est donc recommandé d'effectuer des purges de ces blocs afin de garantir la sécurité en aval.

➤ Des facteurs de stabilité du versant sont à noter : L'érosion est faible sur la parcelle car très bien végétalisée et les écoulements des eaux pluviales et des eaux usées sont maîtrisés. Nous insistons sur la nécessité de maintenir et d'entretenir ces facteurs de stabilité.



Photo 4. Vue de la parcelle, sol végétalisé et blocs instables à purger.

Par conséquent, une nouvelle délimitation de l'aléa « chutes de blocs dominantes » peut être envisagée : (cf. illustration 4. ci-après)

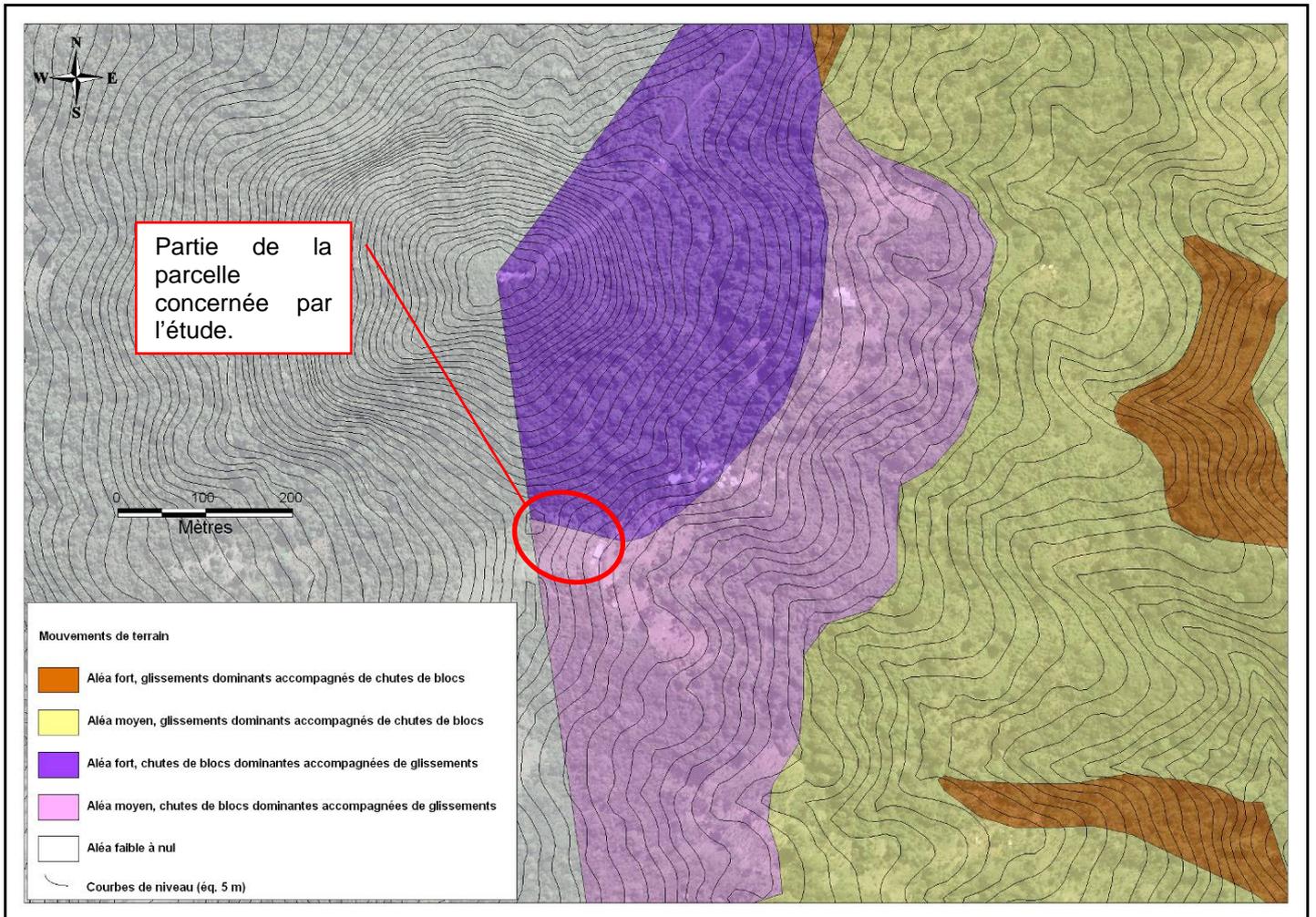


Illustration 4. Zonage de l'aléa mouvements de terrain modifié d'après le présent avis (fond orthophotos 2003 © IGN), échelle 1/5000.

## **9. Note 2009 SAR/MAYOTTE 08. Diagnostic de stabilité suite à un éboulement ayant affecté le flanc nord de Dzaoudzi.**





Direction de l'Équipement  
de Mayotte

# Diagnostic de stabilité suite à un éboulement ayant affecté le flanc nord de Dzaoudzi

Mai 2009  
Ch. Garnier

**Note 2009 SAR/MAYOTTE 08 Projet  
PSP08MAY28 – Appui DE 2008**

**Service géologique régional de Mayotte**  
9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni BP 1398  
97600 – Mamoudzou France Tél.  
:0269612813 –Fax:026961 2815



<b>Appui 2009 à la Direction de l'Équipement de Mayotte</b>	
<b>Date de la visite :</b> 14/05/2009	<b>Site :</b> Dzaoudzi
<b>Commune :</b> DZAOUDZI-LABATTOIR	
<b>Participant(s) :</b> Ch. Garnier (BRGM)	
<b>Objet :</b> Evaluation des risques résiduels et mesures de sécurisation nécessaires	
<b>Demandeur :</b> DE 976/SEC	
<b>Diffusion :</b> DE 976/SEC et Antenne BRGM de Mayotte	

### Objet :

S. Gremminger (DE/SEC/HEA) a sollicité le BRGM afin d'obtenir un avis géologique suite à l'éboulement survenu en début d'année (date précise non connue) sur le flanc nord de Dzaoudzi. La mission a notamment pour objet :

- d'évaluer le niveau de risque résiduel pour les enjeux environnants ;
- d'établir si nécessaire des recommandations en matière de mise en sécurité.

Le diagnostic a été réalisé à partir d'observations visuelles effectuées depuis le sommet de versant ainsi que depuis le pied de l'éboulement (l'accès étant possible depuis l'embarcadère de la barge piétons). La visite du site a été réalisée en début d'après-midi du 14 mai 2009.



**Illustration 1 : Localisation de la zone d'étude (fond Scan 25 IGN)**

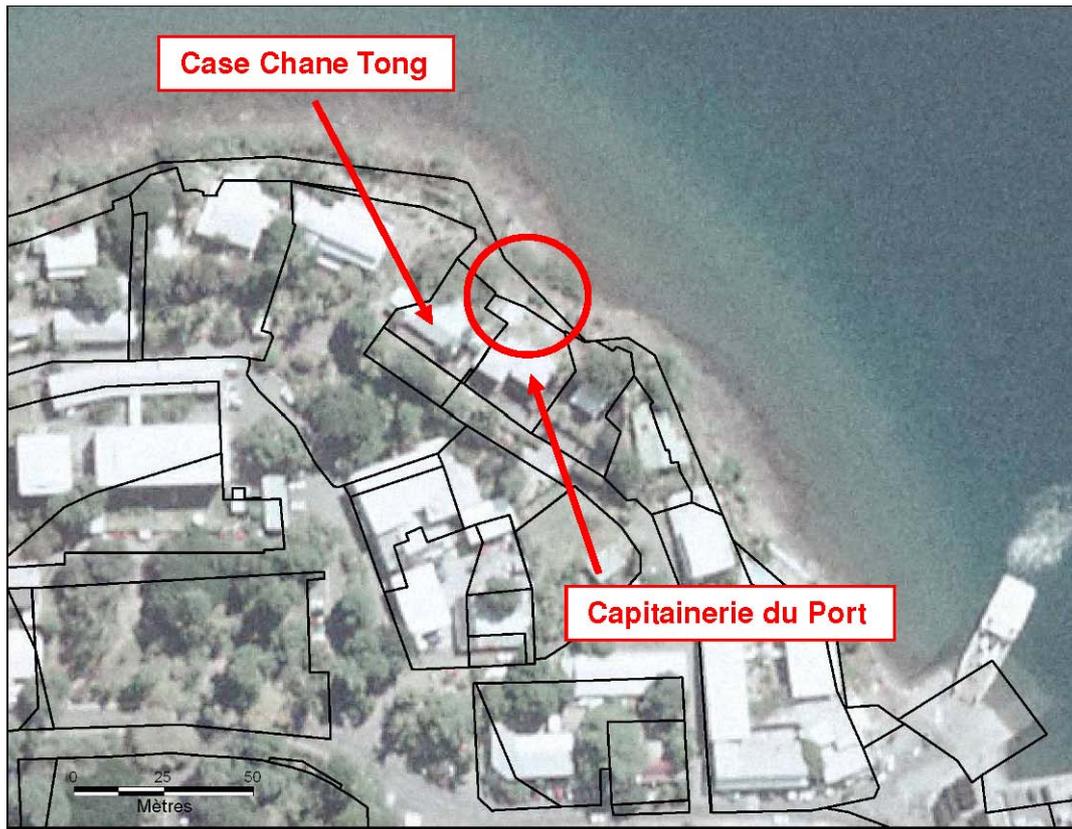


Illustration 2 : Localisation de la zone d'étude (fond orthophotos IGN)

### Constat :

Un éboulement a affecté la falaise littorale au Nord de Dzaoudzi, sensiblement à l'aplomb entre la capitainerie du port et la case Chane Tong (cf. Illustration 2). Selon les informations recueillies, un premier éboulement se serait produit suite aux fortes pluies de la mi-décembre 2008. Un second épisode serait survenu au cours des premières semaines de l'année 2009. Le volume total éboulé a été estimé à une vingtaine de m<sup>3</sup>, comprenant notamment une demi-douzaine d'éléments plurimétriques (5-6 m<sup>3</sup> pour les plus volumineux).

L'instabilité s'est déclarée à une quinzaine de mètres de hauteur environ, prenant naissance en tête d'une falaise sub-verticale dont l'ossature est constituée de scories basaltiques et de produits pyroclastiques. Les conditions pluviométriques de la fin d'année 2009 ont conduit à la rupture, aggravant probablement par ravinement en tête d'escarpement et dans la pente des conditions d'équilibre du matériel rocheux qui étaient selon toute vraisemblance déjà précaires. La seconde manifestation peut être analysée comme la rupture d'un compartiment déstabilisé par l'éboulement initial.

L'observation depuis le pied de la paroi montre une cicatrice « propre », **aucun élément rocheux instable d'importance significative n'est décelable** (cf. Illustrations 3 et 4).



**Illustration 3 : Cicatrice de l'éboulement**



**Illustration 4 : partie supérieure de la cicatrice de l'éboulement**

En sommet de versant, la configuration topographique du site et la végétation ne permettent pas d'avoir une vue directe sur la cicatrice d'arrachement, la masse éboulée semble s'être détachée de la paroi légèrement en contrebas de la tête de falaise. Les terrains en arrière de

celle-ci **ne montrent pas d'indice de déformation récente laissant suspecter une fragilisation** significative, pouvant conduire à court terme à un nouvel éboulement.

Seule la balustrade béton en limite nord-ouest de la propriété de la Capitainerie du port, au droit de l'éboulement (cf. Illustration n°6), semble montrer un début de basculement vers le vide. Il est toutefois difficile d'attribuer cette déformation au dernier événement plutôt qu'à une évolution lente au cours des derniers mois ou dernières années. Selon le personnel de la Capitainerie, aucune déformation de cet ouvrage (ou des terrains en arrière de la cicatrice) n'est à constater.



**Illustration 5 : extrémité nord-est de la cour attenante à la case Chane Tong, sensiblement au droit de la cicatrice d'arrachement.**



**Illustration 6 : balustrade en limite nord-ouest de la cour attenante à la capitainerie du port, au droit de la cicatrice d'arrachement**

### Risques résiduels :

L'événement survenu en fin d'année dernière, et dans un second temps au début de cette année, correspond à un phénomène *normal* de recul de la falaise littorale. Les observations effectuées en tête de versant ne montrent pas de compartiment rocheux instable susceptible de constituer une menace à plus ou moins court terme, tandis qu'aucun indice évident de fragilisation des terrains en arrière de la paroi (du fait de la décompression naturelle résultant de l'éboulement) n'a été mis en évidence. On considérera de fait que **le risque d'une évolution régressive de la falaise à ce niveau est très limité à court terme.**

A plus long terme par contre, l'occurrence de nouveaux épisodes d'ampleur variable doit être considérée comme inexorable (cf. Illustration n°7 : qualification des aléas de mouvements de terrain, extrait du projet PPR de Dzaoudzi-Labattoir).

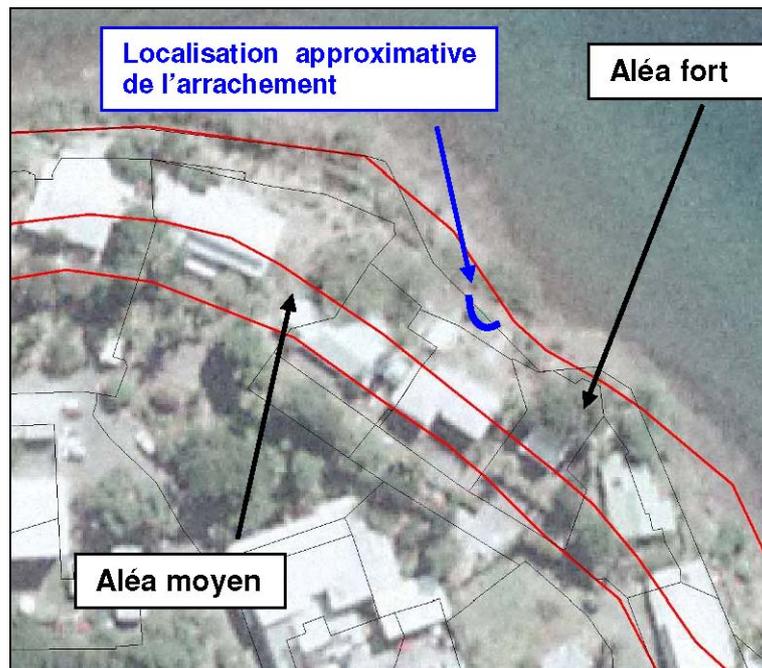


Illustration 7 : Zonage aléas mouvements de terrain (projet PPR commune de Dzaoudzi-Labattoir)

Au niveau de la propriété de la Capitainerie (cf. Illustration n°8), la menace concerne principalement une bande de terrain d'une dizaine de mètres de largeur environ (incliné à 40° environ), en arrière immédiat de la tête de falaise, qui n'est toutefois « utilisée » que comme « parc arboré ». La construction de la Capitainerie est elle implantée avec une marge de recul par rapport à la cicatrice d'arrachement suffisante pour que le risque apparaisse faible à court et moyen terme.

De la même façon au niveau de la propriété de la case Chane Tong, les terrains les plus exposés en arrière de la cicatrice d'arrachement correspondent notamment à une plate-forme (remblai ?) enherbée (cf. Illustration 5), la construction étant elle située largement en recul pour que le risque à court ou moyen terme puisse être jugé très faible.



**Illustration 8 : Abords de la Capitainerie du port**

**Mesures de sécurisation :**

Sur la base du diagnostic précédent, on se limitera à recommander qu'une surveillance visuelle régulière puisse être assurée en arrière de la cicatrice d'arrachement, au niveau des deux propriétés concernées. L'objectif de cette surveillance sera de mettre en évidence, au niveau des secteurs précédemment définis comme étant les plus exposés (bande de terrain inclinée de la propriété de la Capitainerie, plate-forme aménagée entre la tête de falaise et la case Chane Tong) l'apparition éventuelle d'indice de décompression (fissuration ou affaissement dans les terrains ou structures aménagées telles que l'ouvrage soutenant la plate-forme de la propriété Chane Tong), laissant suspecter l'occurrence plus ou moins rapide d'un nouvel éboulement.

Tout indice défavorable devra donner lieu, dans les meilleurs délais, à un nouveau diagnostic.

Fait à Saint-Denis de la Réunion, le 25 mai 2009

Ch. GARNIER  
BRGM Réunion





Direction de l'Équipement  
de Mayotte

# **Note complémentaire au « Diagnostic de stabilité suite à un éboulement ayant affecté le flanc nord de Dzaoudzi » (Note 2009 SAR/MAYOTTE 08). Cas de la case Santé.**

Juin 2009  
A. Oppermann

**Service géologique régional de Mayotte**  
9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni  
BP 1398  
97600 – Mamoudzou France  
Tél. : 02 69 61 28 13 – Fax : 02 69 61 28 15





Appui 2008 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite : 03/06/09	Site : Case Santé
Commune : Dzaoudzi	
Participant(s) : A. Oppermann et Mr Abasse (intendant à la Préfecture)	
Objet : Diagnostic de la parcelle de la case Santé vis-à-vis de l'aléa « mouvements de terrain » ainsi que de l'état actuel de la falaise.	
Demandeur : DE/SEC/HEA	
Diffusion : DE/SEC/HEA et Antenne BRGM de Mayotte	

### Rappel de l'objet de la note 2009 SAR/MAYOTTE 08 :

S. Gremminger (DE/SEC/HEA) avait sollicité le BRGM afin d'obtenir un avis géologique suite à l'éboulement survenu en début d'année (date précise non connue) sur le flanc Nord de Dzaoudzi (cf. Illustration 1). La mission avait notamment pour objet :

- d'évaluer le niveau de risque résiduel pour les enjeux environnants ;
- d'établir si nécessaire des recommandations en matière de mise en sécurité.

Le diagnostic réalisé par Ch. Garnier (BRGM) suite à une visite de terrain datant du 14 mai 2009, concerne essentiellement la case Chane Tong et la Capitainerie du Port car ces deux bâtiments sont situés au droit de l'éboulement en question.

Parmi les enjeux environnants, la case Santé est située à environ 50 mètres de l'éboulement (cf. Illustration 2). Cependant, et contrairement aux autres bâtiments évoqués ci-dessus, la case Santé est bâtie aux abords de la falaise. C'est pour cette raison qu'un diagnostic s'avère également nécessaire quant à la stabilité de la falaise au droit de cette case.

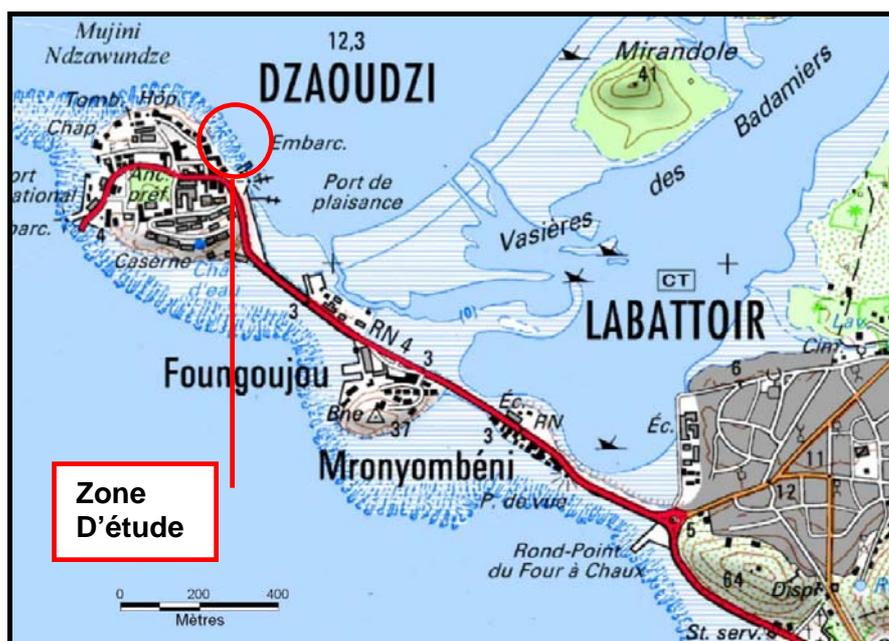


Illustration 1 : Localisation de la zone d'étude (fond Scan 25 IGN ©)

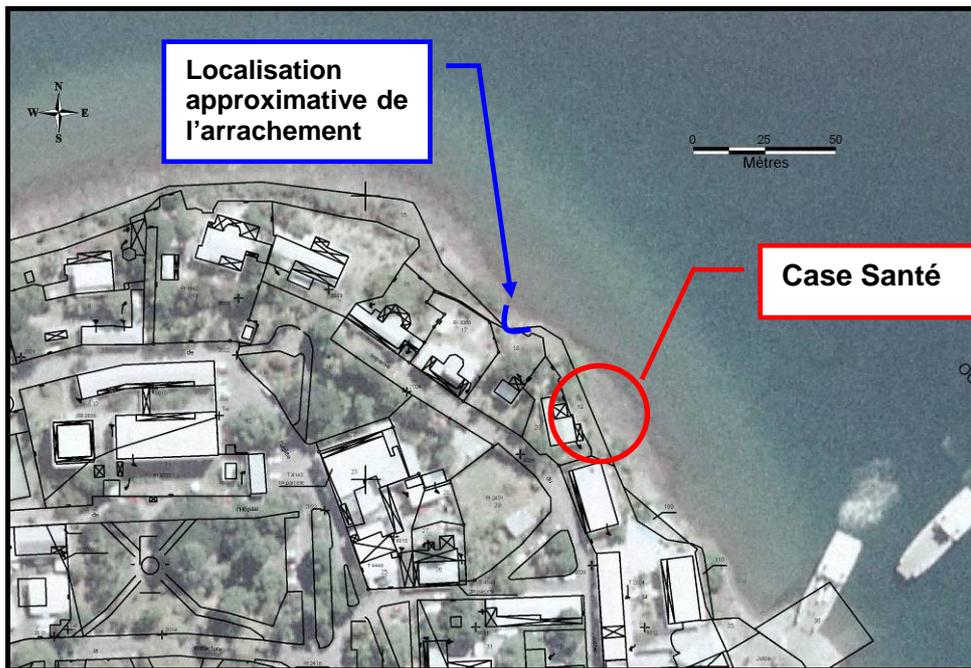


Illustration 2 : Localisation de la case Santé (fond orthophotos IGN ©)

### **Constat :**

La case Santé est bâtie et située en arrière immédiat de la tête de falaise. Cette falaise sub-verticale d'une hauteur d'environ 15 mètres est constituée de scories basaltiques et de matériaux pyroclastiques (comme l'indique la note 2009 SAR/MAYOTTE 08). (cf. Illustration 3)

L'observation depuis la plage bordant la falaise montre au niveau de la case Santé une paroi relativement saine et affectée de manière limitée par l'érosion littorale. La base de la paroi ne présente pas de sous-cavage important et aucune fissure notable n'a été décelée au travers de la couche végétale. (cf. Illustration 4)

Il est difficile de se faire une idée plus précise de l'état de la falaise étant donné l'imposante couverture végétale.

Au sommet de la falaise, au niveau de la parcelle de la case Santé, aucun désordre morphologique n'est à signaler. La petite bande de terrain situé entre la case et la falaise ne montre pas d'indices de déformation récente ou ancienne. Selon Mr Abasse, aucun signe particulier de déformation n'a été constaté depuis la construction de la case.

La terrasse surplombant la falaise a été aménagée en 2004 et ne présente pas de signes inquiétant de déstabilisation hormis une fissure dans le carrelage au sol. L'orientation de cette fissure - perpendiculaire à l'axe de la falaise - nous laisse penser que son origine n'est probablement pas liée à un problème de falaise, mais plutôt à un défaut d'assise ou à une malfaçon. D'autre part, de légères fissures sont présentes depuis plusieurs années à la base du mur face à la mer, juste sous la terrasse.

D'un autre côté, la vue plongeante à partir de la terrasse ne permet pas d'obtenir d'autres éléments pouvant influencer le diagnostic du fait de la végétation.



Illustration 3. Aperçu de la falaise et de la Case Santé (au centre) (photo BRGM)

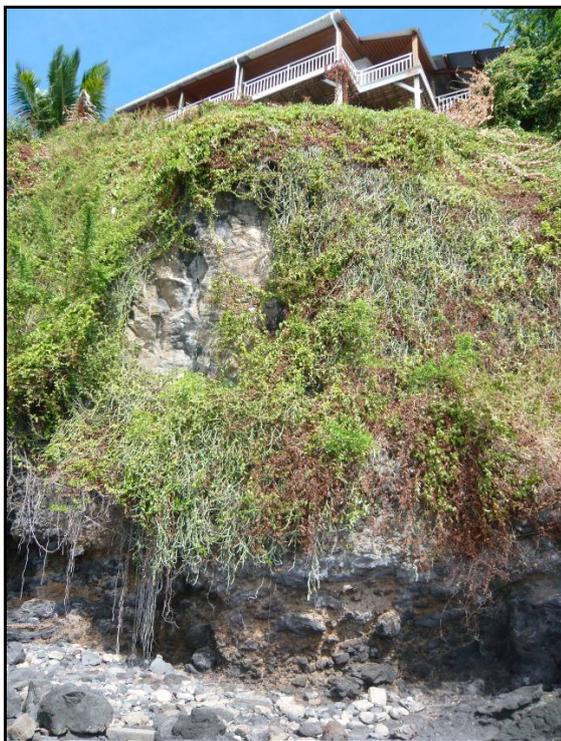


Illustration 4. Pied de la falaise (photo BRGM).

Concernant l'écoulement et le rejet des eaux pluviales, il semblerait que le système d'évacuation par gouttières ne soit pas adapté au contexte dans la mesure où ces rejets s'effectuent sur la partie sommitale de la falaise (cf. Illustrations 5 et 6). Ce dispositif est fortement déconseillé car il entraîne d'une part, une infiltration importante au sein de la paroi et accentue irrémédiablement l'érosion de celle-ci ; et d'autre part il peut engendrer une érosion de surface de nature à fragiliser la paroi.



Illustrations 5 et 6. Rejets des eaux pluviales par gouttières sur le sommet de la falaise (photos BRGM)

Une dernière remarque est à faire au sujet d'une citerne en béton présente sur la parcelle de la case Santé (cf. Illustration 7). Cette citerne en béton est située à environ 2 mètres de la falaise. Elle contient de l'eau et son toit (semelle en béton) s'est récemment effondré à l'intérieur de celle-ci, sous l'effet de son propre poids a priori.

Selon Mr Abasse, des travaux sont prévus pour détruire cette citerne et pour réaménager cette portion de la parcelle. De gros travaux devront être engagés en conséquence et cela s'annonce particulièrement délicat du fait de l'espace réduit et exigü. C'est pourquoi, une attention particulière devra être donnée à la non-fragilisation de la bande de terrain situé juste avant la falaise.



Illustration 7. Citerne béton située à proximité de la falaise.

### **Conclusions :**

Les observations effectuées au pied et au sommet du versant ne montrent pas de signes inquiétants de déformations à court terme. Peu d'indices laissant suspecter d'une activité ont été constatés. On considérera de fait que le risque d'une évolution régressive de la falaise au droit de la case Santé est très limité à court terme. Mais on doit tout de même souligner qu'il faut rester prudent compte-tenu des quelques indices observés et du fait que la végétation ne permet pas d'avoir une vision claire de la paroi.

En revanche, à plus long terme, l'apparition de phénomène semblable à celui apparu au droit de la case Chane Tong et de la Capitainerie doit être considéré comme inexorable (cf. Illustration 8. Qualification des aléas mouvements de terrain, extrait du projet PPR 2009 de Dzaoudzi-Labattoir).

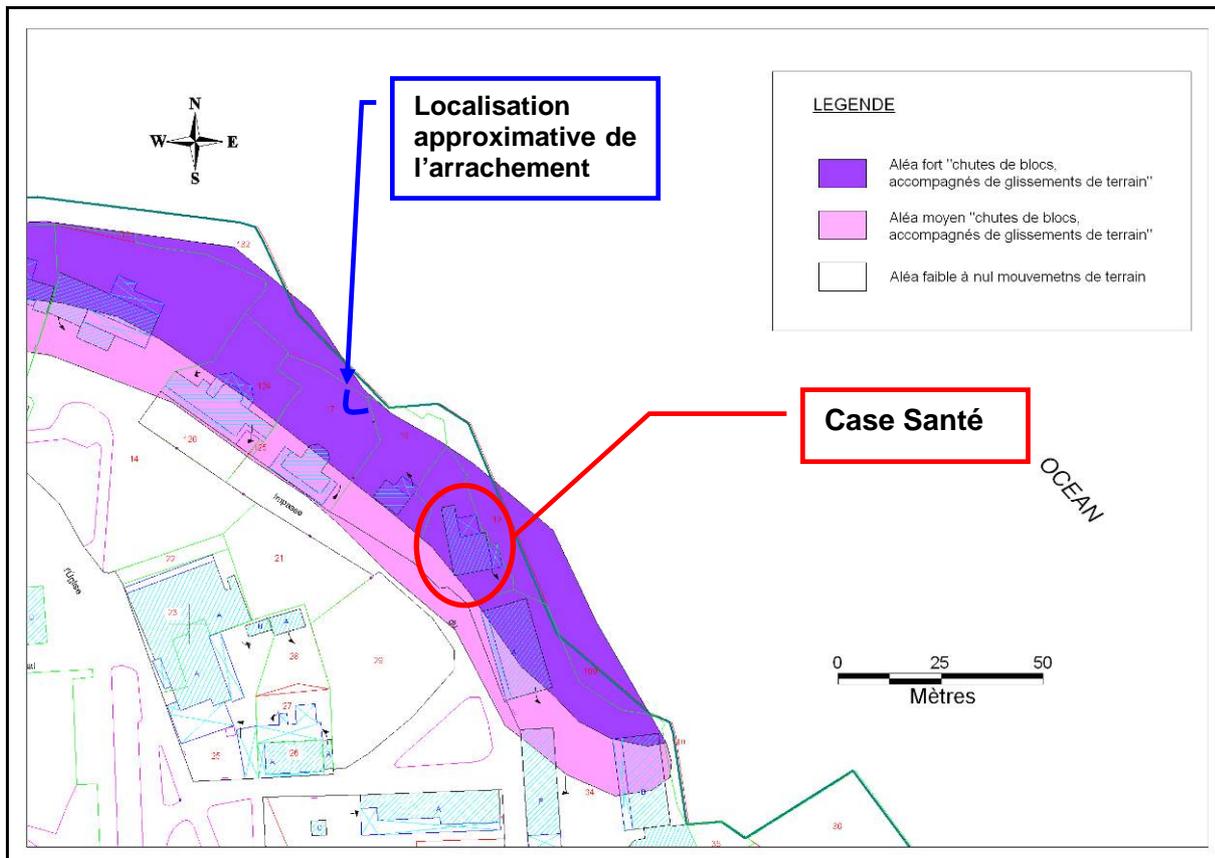


Illustration 8. Zonage aléas mouvements de terrain (projet PPR 2009, commune de Dzaoudzi-Labattoir, BRGM, sur fond cadastral.)

### **Mesures de sécurisation et recommandations :**

Sur la base du diagnostic présenté dans cette note complémentaire et en se basant sur la note initiale (note 2009 SAR/MAYOTTE 08), on recommande :

- Une surveillance régulière des différentes fissures observées et d'éventuelles nouvelles témoignant d'une activité et correspondant à un indice de décompression (dans les terrains ou structures aménagées telles que la terrasse, extension du bâtiment en 2004) laissant suspecter l'apparition d'un éboulement plus ou moins rapide. La pose de témoins visant à quantifier l'activité au sommet de la falaise est éventuellement conseillée.
- Une meilleure maîtrise des rejets d'eaux pluviales, en les déplaçant de manière à éviter que l'eau ne s'écoule et s'infilte dans la paroi directement.
- Etant donné la couverture végétale opaque notamment en partie supérieure et la difficulté que cela entraîne pour voir et examiner les roches constituant la falaise, un diagnostic complémentaire devrait être prévu après avoir enlevé cette végétation.
- Lors des gros travaux de réaménagement de la parcelle (destruction de la citerne, nouvelle toiture pour la case), une attention particulière devra être portée pour ne pas fragiliser les terrains en place, et ne présentant pour l'instant aucun indice d'instabilité.

Compte tenu de la position de la case Santé par rapport à la falaise, tout indice défavorable devra donner lieu, dans les meilleurs délais, à un nouveau diagnostic.



## **10. Note 2009 SAR/MAYOTTE 09. Avis relatif à l'étude géotechnique Géolithe concernant le site d'implantation du terrain de football de Sohoa (Chiconi)**





Direction de l'Équipement  
de Mayotte

# Avis relatif à l'étude géotechnique Géolithe concernant le site d'implantation du terrain de football de Sohoa (Chiconi)

Mai 2009  
Ch. Garnier

**Note 2009 SAR/MAYOTTE 09 Projet  
PSP08MAY28 – Appui DE 2008**

**Service géologique régional de Mayotte**  
9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni BP 1398  
97600 – Mamoudzou France Tél.  
:0269612813 –Fax:026961 2815



<b>Appui 2008 à la Direction de l'Équipement de Mayotte</b>	
<b>Date de la visite</b> : 14/05/09	<b>Site</b> : Sohoabé (Sohoa)
<b>Commune</b> : Chiconi	
<b>Participant(s)</b> : C. Garnier	
<b>Objet</b> : Avis sur l'étude géotechnique Géolithe concernant le site d'implantation du terrain de football de Sohoa.	
<b>Demandeur</b> : DE/SEC	

### Circonstances de l'intervention du BRGM

S. Gremminger (DE/SEC/HEA) a sollicité le BRGM afin d'obtenir un avis de celui-ci sur une étude effectuée par le bureau d'étude Géolithe OI dans le cadre de la réhabilitation du terrain de football de Sohoa.

Une visite de terrain a été effectuée par le BRGM le 14/05/2009 (C. Garnier).

### Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM

La DE a fourni le rapport Géolithe n°09-03111 du 24/03/09 en version numérique (document réalisé à la demande et pour le compte du SIAM) : étude géotechnique d'avant-projet de niveau G12. Géolithe souligne (cf. paragraphe 1 – présentation et contexte) s'être concentré « sur l'évaluation de la stabilité du talus en versant sud et sur son aménagement dans le cadre de la réhabilitation du terrain de football ». « Cette étude doit permettre de vérifier la sécurisation du projet et notamment des gradins au vu de l'aléa fort de glissement de terrain ».

### Observations ressortant des compétences du BRGM

#### LOCALISATION DU SITE ET SITUATION PAR RAPPORT AUX CARTES D'ALEAS

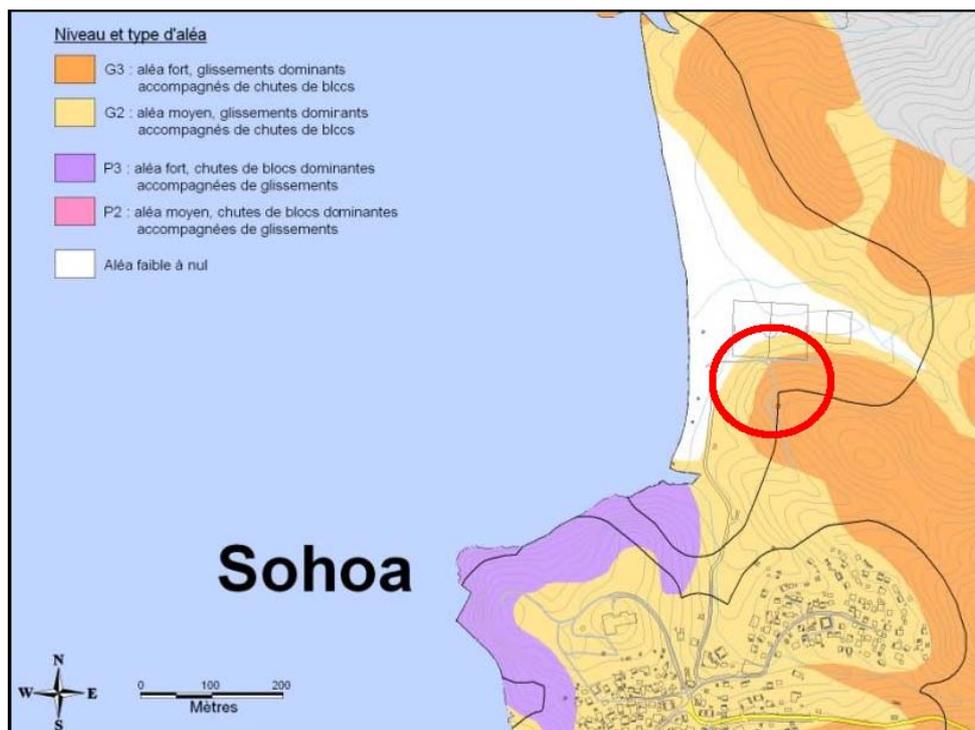


Localisation de la zone étudiée (extrait de carte © IGN Scan25)

D'après la cartographie des aléas réalisés par le BRGM dans le cadre des atlas des aléas naturels, le versant est concerné par les aléas suivants :

- aléa mouvement de terrain : zone type G2 et G3, aléas moyen et fort « glissements de terrain accompagnés de chutes de blocs » ;
- aléa érosion : zone d'aléa moyen à fort ;

Une visite du site a été effectuée le 14/05/2009 pour vérifier les éléments de terrain relevés par le BET.



*Localisation du site vis-à-vis de l'aléa Mouvement de terrain. Fonds cartographiques : Cadastre et extrait agrandi de la mise à jour de l'aléa mouvement de terrain pour la commune de Chiconi.*



*Vue générale du versant – cliché BRGM 14/05/09*

## OBSERVATIONS RELATIVES AU CONTENU DE L'ETUDE :

### **Partie 1 – Présentation et contexte :**

Pas d'observation particulière.

### **Partie 2 – Données disponibles :**

Le contexte géologique est décrit à partir de la carte géologique au 1/50 000 de Mayotte (BRGM, 1981). On regrettera que ces éléments de « connaissance générale » n'aient pas été affinés, tout du moins en ce qui concerne la présentation qui en est faite dans le rapport d'étude, à partir des observations de terrain réalisées par le chargé d'étude. Un descriptif visuel sommaire des terrains à l'affleurement, associé à un renvoi photographique, aurait permis au *lecteur* une meilleure appropriation du site et un lien plus étroit avec les données présentées dans les paragraphes suivants (résultats des reconnaissances *in situ*, calculs de stabilité, etc.).

En ce qui concerne le paragraphe 2.4 (« Eaux de surface »), il est mentionné par Géolithe que la Ravine Sohoa qui borde la limite nord du terrain de football, a fait l'objet d'une étude hydraulique (par le bureau CET Mayotte) « *permettant d'avoir un diagnostic des phénomènes d'érosion régressive* ». Pour autant, et alors même qu'il est explicitement précisé au paragraphe 2.2 que le terrain s'inscrit dans la plaine alluviale de la ravine, les principaux éléments de cette étude ne sont pas reportés dans le rapport Géolithe. En l'absence d'éléments d'analyse, **on peut s'interroger sur l'impact éventuel de l'activité torrentielle de la Ravine Sohoa (en conditions exceptionnelles) sur la stabilité du versant étudié** (phénomènes érosifs possibles en pied ?).

### **Partie 3 – Les reconnaissances :**

#### **3.2 Identification des risques**

Le versant est actuellement classé en aléa fort glissement de terrain dominant accompagnés de chutes de blocs.

-Le BE propose de réduire l'aléa chutes de blocs « *à un niveau faible* », suivant le constat selon lequel « *aucune zone de départ n'a été relevée dans le versant ; seuls quelques blocs ancrés très localement pourraient atteindre le terrain s'ils étaient mobilisés à l'occasion d'érosion continue. Un seul bloc a été observé en pied de talus* ».

On rejoindra Géolithe sur le double constat suivant : dans la situation présente le nombre de blocs instables dans le versant est très limité et d'autre part, à l'exception de la partie inférieure du versant, l'activité érosive est peu développée dans la pente.

Cependant, même si la probabilité de départ est faible (pas d'escarpement rocheux, peu de blocs identifiés), la probabilité pour qu'en cas d'occurrence du phénomène la trajectoire atteigne le pied de versant est relativement élevée, compte-tenu en particulier de la déclivité globalement prononcée du versant. Ce dernier paramètre conduirait également à une intensité du phénomène relativement pénalisante. On ajoutera que même si l'activité érosive est aujourd'hui modérée, la « vocation » agricole d'une large partie amont du versant est susceptible d'induire plus ou moins rapidement une intensification des phénomènes érosifs, avec potentiellement dégagement d'éléments rocheux.

Au final (et Géolithe n'exclut pas de l'occurrence possible de phénomènes de chutes de blocs avec en cas de départ une extension probable jusqu'en pied de versant), **le paramètre intensité prime ici sur la fréquence dans la qualification de l'aléa chutes de blocs et nous semble devoir conduire à maintenir un niveau moyen.**

-Géolithe indique que « *l'aléa glissement de terrain est plus fort dans la partie inférieure du versant, entre +5 et +15 m...L'altitude +15 m correspond à la seule rupture de pente significative dans le versant* ». Cette partie basse du versant, en grande partie dénudée et en proie au ravinement, présente en effet une sensibilité plus marquée. Néanmoins, il est nécessaire de garder à l'esprit que dans l'hypothèse d'un glissement s'y déclarant, outre les phénomènes d'érosion régressive, les conditions d'équilibre des pentes sus-jacentes pourraient être minorées, ce qui nécessite d'être prudent quant au diagnostic de stabilité de la partie supérieure du versant (sur laquelle en outre la pente est relativement marquée – voisine de 30°jusqu'aux abords de la cabane).



*Partie inférieure du versant – cliché BRGM 14/05/09*

Il est souligné que « *les gradins sont exposés à un potentiel de glissement de terrain limité au flanc de talus* ». Ne disposant pas du détail des plans des gradins, aucune remarque n'est formulée sur ce commentaire de Géolithe.

### **3.3 Nature des sols rencontrés**

Les investigations menées (sondages à la pelle mécanique, essais pressiométriques) ont été réalisées en pied de versant ou au sommet de celui-ci. **La représentativité des éléments de connaissance apportés par ces investigations, par rapport à la problématique de la stabilité du versant, est donc à prendre avec circonspection.**

On notera que sur les sondages à la pelle mécanique PM2 à PM4 réalisés en pied de talus, des altérites argileuses de compacité variable ont été identifiées par Géolithe, alors même que leur implantation se situe dans la plaine alluviale de la Ravine Sohoa.

### 3.4 Sondages pressiométriques

Géolithe exploite ici des essais pressiométriques réalisés lors d'une première étude de sol conduite par la DE en janvier-février 2006. Pas de remarque particulière sur les résultats des essais.

### 3.5 Résultats des analyses en laboratoire

Des essais en laboratoire ont été réalisés sur des échantillons d'une part d'altérites argileuses et d'autre part de limons. Concernant ces derniers, les échantillons ont été prélevés au niveau de SP1. **Le rapport Géolithe ne permet pas de localiser l'emplacement de SP1.**

Pas de remarque particulière sur les résultats des essais.

## Partie 4 – Adaptation du projet au site :

### 4.1 Pré-dimensionnement de la stabilité de talus par retalutage

Selon le rapport Géolithe (il est rappelé que nous ne disposons pas du détail du projet de gradins), il est prévu « *d'asseoir les gradins dans le talus après re-talutage de celui-ci* ».

La méthode utilisée consiste dans un premier temps à déterminer, dans la configuration actuelle, les paramètres géotechniques des altérites argileuses constituant l'ossature du versant par retrocalage (calcul inverse de stabilité -simulation d'un état d'équilibre limite avec coefficient de sécurité F de 1 conformément à la méthode ELU mise en œuvre). Les résultats ainsi obtenus (poids volumique 22 kN/m<sup>3</sup>, angle de frottement interne de 29,5° et cohésion de 10 kPa) n'attirent pas de remarque particulière de notre part.

Ces altérites sont visibles à l'affleurement dans la partie basse, dévégétalisée, du versant. En amont, **il aurait été sécuritaire de prendre en compte dans les calculs de stabilité la présence, au toit de ces altérites, d'une couverture de colluvions altéritiques** dont les caractéristiques mécaniques sont moindres. Les éléments du rapport ne permettent pas d'écarter cette hypothèse (les observations de terrain ne sont pas retranscrites dans le dossier). On notera aussi qu'au niveau de PM1 (partie haute du versant), des matériaux à dominante limono-argileuse et de compacité faible à moyenne ont été observés jusqu'à environ -2,50 m/TN, recouvrant les altérites argileuses. Le contrôle terrain réalisé dans le cadre de cet avis confirme la présence de ces matériaux de démantèlement.

Concernant l'hydrogéologie, aucune nappe ni venue d'eau n'ayant été détectée lors des investigations de terrain, **Géolithe écarte toute influence « hydrogéologique » dans les calculs de stabilité effectués. A notre sens, ce paramètre ne doit pas pour autant être occulté** : d'une part les reconnaissances sont faites sur une courte durée (possibilité de remontée de nappe en saison des pluies) ; et d'autre part, les informations sont uniquement basées sur des diagnostics visuels de sub-surface (relevés d'affleurements et sondages à la pelle mécanique). En outre, on considérera qu'en saison des pluies, des écoulements préjudiciables à la stabilité des terrains sont en mesure de se développer au sein des horizons de surface.

## 4.2 Résultats des calculs

Les paramètres de sols précédemment obtenus ont été dans un second temps « réinjectés » dans Talren de façon à déterminer la pente maximale admissible pour le retalutage du talus.

La validité des résultats de ces calculs ainsi que des recommandations qui en découlent méritera d'être réévaluée après intégration des précédentes remarques relatives à la nécessaire prise en compte dans les calculs de stabilité de la présence de matériaux colluvionnaires et de l'influence en période de pluies de circulations souterraines.

On se bornera ici à souligner que la recommandation de coucher le talus à une pente maximum de 2H/1V (soit environ 25°) apparaît cohérente au regard des caractéristiques des formations altéritiques en présence sur le site dans la partie inférieure du versant.

## 4.3 Enveloppe financière des travaux

Pas de remarque particulière, si ce n'est qu'il convient de supprimer du montant total la part relative à la TVA (nulle et non pas 19,6%).

### Paragraphe suivants

Pas d'observation particulière.

### CONCLUSIONS :

Les investigations menées par le BET ne le conduisent pas à proposer une modification du zonage des aléas sur la zone, à l'exception d'une réduction à un niveau faible de l'aléa chutes de blocs. Cette proposition ne nous paraît pas recevable dans la mesure où l'occurrence de tout événement de ce type serait caractérisée par une intensité relativement élevée, compte-tenu notamment de la topographie du versant.

On retiendra par ailleurs les principaux éléments suivants :

- les investigations de terrain (sondages à la pelle mécanique et essais pressiométriques) ont été réalisées en pied de pente ou quasiment au sommet de celle-ci, et ne présentent donc qu'un intérêt limité au regard de la principale problématique abordée ici, à savoir la stabilité du versant ;
- les calculs de stabilité nécessiteraient à notre sens d'être précisés par une meilleure prise en compte d'une part des formations en présence sur le versant (le BET semble s'être appuyé sur les seules indications apportées par les investigations réalisées en pied de talus, négligeant la présence dans la pente de dépôts superficiels sensibles au glissement) et d'autre part du contexte hydrogéologique. La validité des recommandations formulées concernant le retalutage du versant ne pourra être envisagée que sur la base de ces nouveaux calculs de stabilité.

Il est à noter par ailleurs que selon la formation de Géolithe, « *le projet prévoit d'asseoir les gradins dans le talus après re-talutage de celui-ci* ». Auquel cas (ce point doit être vérifié sur la base du projet précis), il semble que l'influence des gradins sur la stabilité du versant (suppression de la butée de pied ?) n'a pas été simulée dans les calculs joints en annexe 4.

Enfin, il n'est pas fait état des dispositions visant, après retalutage du versant, à lutter contre les phénomènes de ravinement susceptibles de se développer dans la pente et d'impacter

les gradins (activité pouvant donner naissance des « coulées » de boue). On gardera néanmoins à l'esprit que la vulnérabilité des aménagements envisagés est limitée (pas d'occupation humaine permanente, équipements non utilisés *a priori* en période de fortes pluies), et que de fait il paraîtrait acceptable d'admettre dans ce cas un niveau de sécurisation moindre que pour un projet plus sensible.





**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemin  
BP 6009  
45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34

**Service géologique régional de Mayotte\***  
9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni  
BP 1398  
97600 – Mamoudzou France  
Tél. : 02 69 61 28 13