



Appui technique à la Direction de l'Équipement dans le cadre de la prévention des risques naturels à Mayotte. Notes de l'année 2008.



BRGM/RP-56562-FR
Octobre 2008

Appui technique à la Direction de l'Équipement dans le cadre de la prévention des risques naturels à Mayotte. Notes de l'année 2008.

BRGM/RP-56562-FR
Octobre 2008

Étude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du
BRGM 07RISE29

C. Cluzet, Y. De La Torre, S. Lecacheux

Vérificateur :

Nom : J.-L. Nedellec

Date : 20/10/2008

Signature :



Approbateur :

Nom : P. Puvilland

Date : 20/10/2008

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, séismes.

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

Cluzet C., De La Torre Y., Lecacheux S. (2008) : Appui technique à la Direction de l'Équipement dans le cadre de la prévention des risques naturels à Mayotte. Notes de l'année 2008. Rapport – BRGM/RP-56562-FR.

© BRGM, 2008, 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 2008. 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.	Note 2007 SAR/MAYOTTE 12.....	7
2.	Note 2008 SAR/MAYOTTE 02.....	15
3.	Note 2008 SAR/MAYOTTE 03.....	27
4.	Note 2008 SAR/MAYOTTE 05.....	75
5.	Note 2008 SAR/MAYOTTE 07.....	81
6.	Note 2008 SAR/MAYOTTE 08.....	91
7.	Note 2008 SAR/MAYOTTE 09.....	103
8.	Note 2008 SAR/MAYOTTE 10.....	115
9.	Note 2008 SAR/MAYOTTE 11.....	127
10.	Note 2008 SAR/MAYOTTE 12.....	141
11.	Note 2008 SAR/MAYOTTE 13.....	157
12.	Note 2008 SAR/MAYOTTE 15.....	170
13.	Note 2008 SAR/MAYOTTE 16.....	177
14.	Note 2008 SAR/MAYOTTE 18.....	185

1. Note 2007 SAR/MAYOTTE 12

Avis technique concernant l'aléa liquéfaction pour le projet de CRIJ à Cavani, commune de Mamoudzou, Mayotte.

C Cluzet

BRGM - Service Géologique Régional océan Indien

Note 2007 SAR/MAYOTTE 12

Appui 2007 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite :	Site : Cratère de Cavani
Commune : Mamoudzou	
Participant(s) : C Cluzet (BRGM)	
Objet : avis sur aléa liquéfaction	
Demandeur : DE/SEC/HEA	
Diffusion : DE/SEC/HEA et Antenne BRGM de Mayotte	

Circonstances de l'intervention du BRGM

Par courrier du 21 Septembre 2007, M. Cheloudiakoff (Chef de la cellule DE/CPC) nous demandé de préciser le niveau de l'aléa liquéfaction sur le site du projet de CRIJ à Cavani. Par courrier du 9 Novembre 2007, Mme Demaizière (Cellule DE/CPC) a confirmé ce souhait en nous adressant une demande d'étude du risque liquéfaction. En réponse à cette demande, et à première lecture des données fournies, nous avons estimé que le potentiel de liquéfaction était a priori faible et qu'il n'était pas nécessaire d'effectuer une évaluation précise qui impliquerait la réalisation d'études géotechniques complémentaires. Nous avons en outre proposé de fournir un avis technique pour justifier du faible niveau d'aléa présumé. En réponse à cette proposition, M. Gremminger (Chef de la cellule SEC/HEA), nous a demandé par courrier du 5 décembre 2007, de réaliser la présente note.

Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM

La DE a transmis au BRGM sous format papier, les études géotechniques réalisées dans le cadre de ce projet :

- *Construction d'un bâtiment R+2 à Cavani. Etude de faisabilité géotechnique. Mission de type G0 + G11 + G12 Phase1. Dossier SEGC n° 783. Février 2008.*
- *Construction du CRIJ à Cavani. Exécution de sondages. Mission G0. Dossier SEGC n°1085. Juin 2007.*

Observations ressortant des compétences du BRGM

Données issues des travaux du BRGM

Le projet se situe dans la cuvette naturelle de Cavani, qui correspond au plancher d'un ancien cratère volcanique. D'après la carte géologique de Mayotte¹, les observations de terrain suggèrent que l'on trouve des alluvions argileuses sur des dépôts de

¹ Stieljes, 1998 – Carte géologique à 1/50000 et notice explicative de Mayotte. Editions du BRGM.

cendres ou de pyroclastites. On peut donc s'attendre à des tassements différentiels et à des possibilités de liquéfaction en cas de séismes.

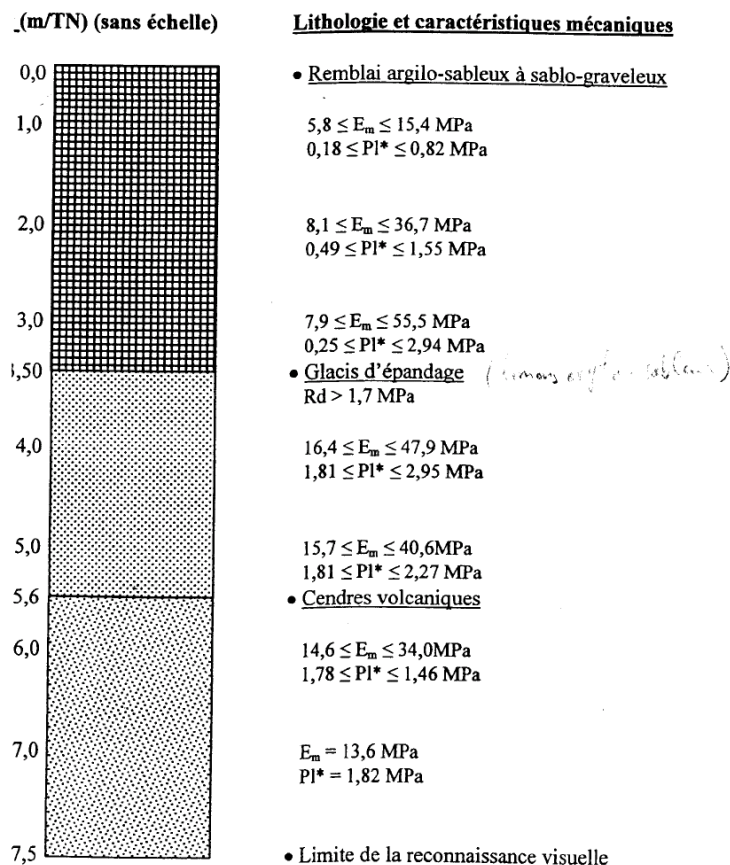
Ce site, situé en zone urbaine, a fait l'objet d'une cartographie au 1/10000 vis-à-vis des aléas naturels. D'après l'atlas des aléas naturels de la commune de Mamoudzou², le site est, vis-à-vis de la susceptibilité à la liquéfaction, situé en zone d'aléa moyen et proche de la limite avec la zone d'aléa faible à nul.

Données issues des études géotechniques

Dans le cadre de ce projet, le bureau d'études SEGC a réalisé à la demande de la DE une étude de faisabilité pour laquelle ont été réalisés :

- 2 sondages à la tarière manuelle ;
- 2 sondages à la tarière mécanique pour 14 essais pressiométriques ;
- 6 sondages pénétrométriques.

Les résultats de ces sondages ont permis de préciser la nature des sols en présence et leur caractéristiques géomécaniques. Ces résultats sont synthétisés par la figure suivante :



Coupe synthétique de la lithologie et des paramètres mécaniques des sols sur le site du projet de CRIJ à Cavani. Dossier SEGC n° 783. Février 2008.

Communes de Mamoudzou, Koungou, Dzaoudzi et Pamandzi. Rapport BRGM RP-53037-FR.

Ces reconnaissances géotechniques permettent d'affiner localement l'appréciation du potentiel de liquéfaction, initialement évalué à un niveau moyen, proche de faible. Il en ressort que :

- les remblais, de qualité assez mauvaise en termes de portance (pression limite nette comprise entre 0.18 et 2.94 MPa), sont présents sur les 3 premiers mètres ;
- au-delà, les terrains (limons argilo-sableux puis cendres volcaniques) sont nettement plus indurés (pression limite nette moyenne proche de 2 MPa) ;
- sur l'épaisseur des terrains investigués (7,5 m au maximum), aucune nappe d'eau n'a été repérée.

Conclusions

Au droit du site du projet de CRIJ à Cavani, la présence de sols meubles est restreinte aux remblais de surface dont l'épaisseur semble limitée à 2 ou 3 m. De plus, l'absence de nappe d'eau et la présence de terrains consolidés en profondeur limitent fortement les risques de liquéfaction.

Ces éléments d'analyse suffisent à conclure que le potentiel de liquéfaction au droit du site est faible voire négligeable. Par conséquent, il n'y a pas lieu d'adopter vis-à-vis de cet aléa, des modalités de constructions spécifiques.

NB - Tout élément complémentaire sur le site, dont nous n'aurions pas eu connaissance à ce jour, et pouvant remettre en question cette analyse (nature, qualité des terrains épaisseur), devra nécessiter de réexaminer le dossier afin de confirmer ou d'infirmer nos conclusions.

2. Note 2008 SAR/MAYOTTE 02



DE Mayotte

Avis sur la qualification de la tempête tropicale « FAME » en terme de houle et précisions sur définition d'un événement cyclonique de référence.

Mai 2008
Ywenn DE LA TORRE

Prétraitement des données de houle
Rodrigo PEDREROS

Note 2008 SAR/MAYOTTE 02
Projet PSP07MAY09 – appui DE 2008

BRGM
Service géologique régional Réunion
5, rue Sainte-Anne - B.P. 906 - 97478 Saint-Denis Cedex -
Tél. 21.22.14 - Fax : 21.86.96



Contexte et objet de la note

Fin janvier 2008, la forte tempête tropicale « FAME » passait à proximité de Mayotte engendrant notamment une houle importante qui s'est propagée jusque dans le lagon et a engendré des dégâts en différents lieux de la côte mahoraise (Chiconi, Mtsahara,...).

La DE Mayotte qui est chargée de la prévention des risques, notamment côtiers, charge le BRGM dans le cadre de cet appui de qualifier l'évènement FAME en terme de houle. Des précisions seront également apportées sur la définition d'un évènement cyclonique de référence pour la prévention des risques côtiers.

Cet avis se fait sur dossier, aucune visite de terrain spécifique n'a été réalisée. Le BRGM s'appuie sur les ouvrages généraux et données de Météo-France, les données de houle de la NOAA³ et les travaux du BRGM existants pour émettre cet avis, à savoir :

- Météo-France : détail des alertes à Mayotte de la saison 1981/1982 à 2005/2006, *Les cyclones à La Réunion* (Mayoka, 1998) et *Atlas climatique de La Réunion* (Soler, 1997), ;
- NOAA : données du modèle mondiale de houle *Wavewatch III* (NWW3) ;
- BRGM : S. Lecacheux ; Y. Balouin et Y. De la Torre (2008) – *Modélisation des vagues d'origine cyclonique à Mayotte*. BRGM/RP-55981-FR, 110 p., 62 fig.

Caractéristiques générales

• Les cyclones à Mayotte

Chaque année, une douzaine de systèmes dépressionnaires tropicaux parviennent en moyenne dans le bassin cyclonique du sud-Ouest de l'océan Indien.

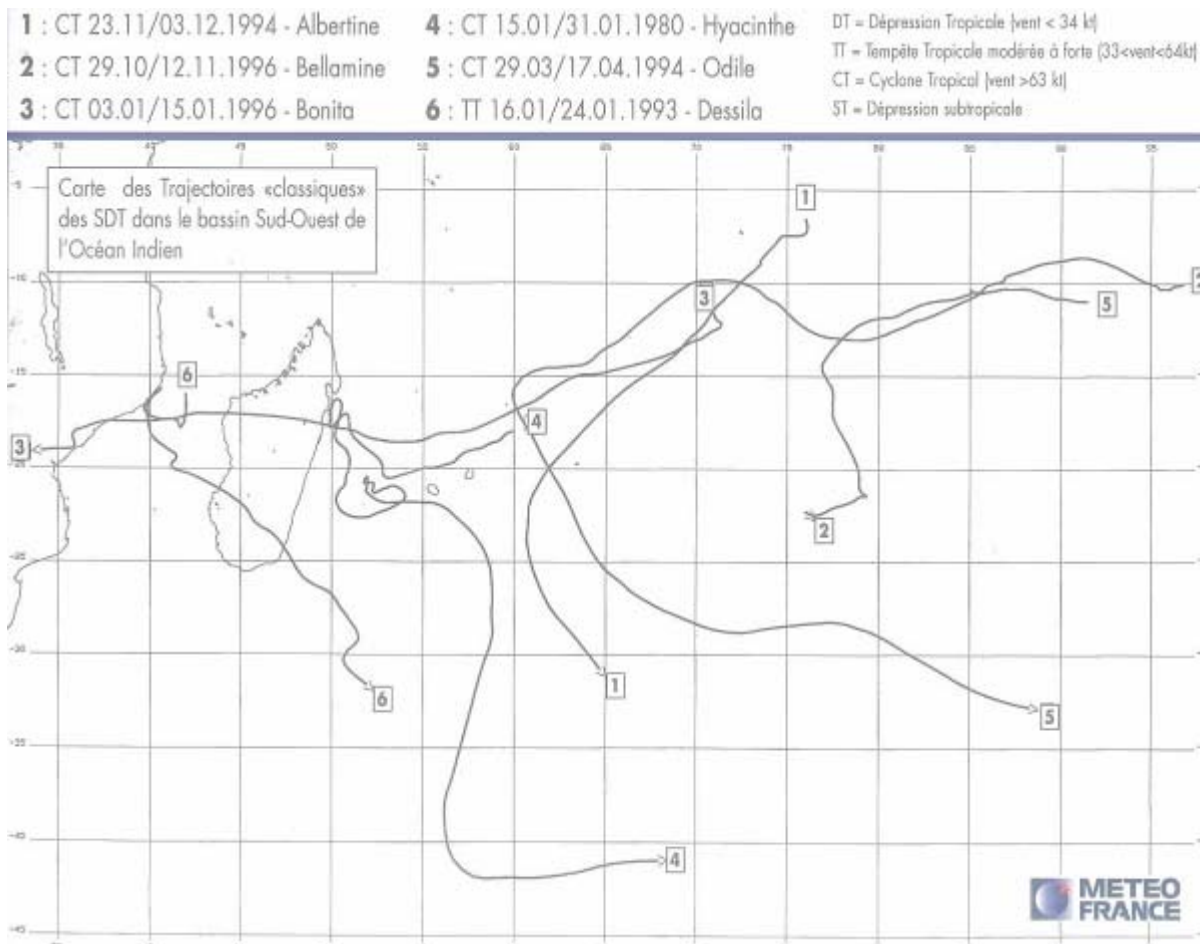
Météo-France qui est chargé par l'Organisation Météorologique Mondiale de surveiller toutes les perturbations tropicales évoluant dans ce bassin, possède un fichier de trajectoires depuis 1848. Si les trajectoires anciennes sont peu fiables, les observations satellitales depuis 1967 permettent un meilleur suivi ainsi que des traitements statistiques.

Dans le bassin les trajectoires sont souvent « chaotiques ». Six types de trajectoires sont toutefois considérés comme « classiques » dont trois ressortent particulièrement :

- type parabolique (Albertine) du Nord-Est au Sud-Est ;
- type zonal (Bonita) Est-Ouest ;

³ NOAA : US National Oceanographic and Atmospheric Administration

- type méridien (Bellamine) Nord-Sud.



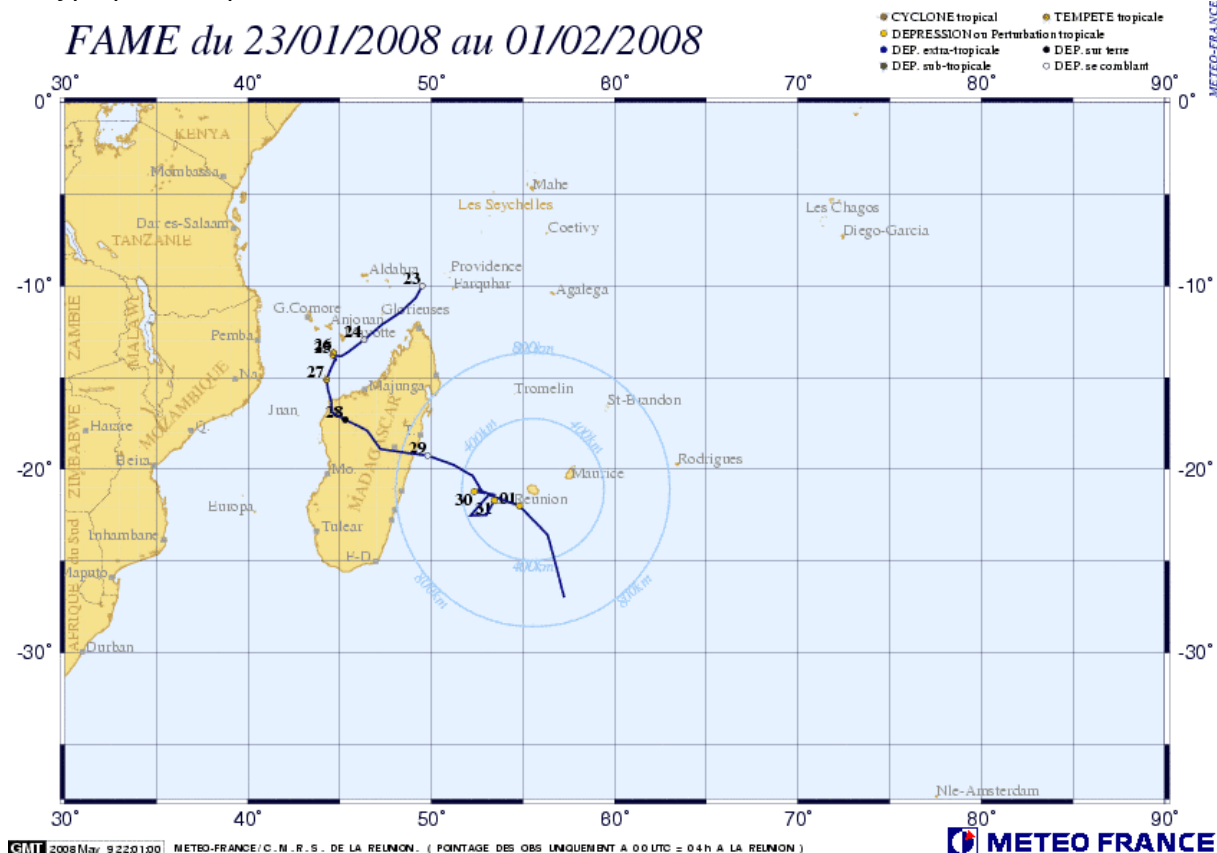
Plus précisément sur Mayotte, on observe globalement le même type de trajectoires principales avec toutefois la protection importante offerte par Madagascar sur les trajectoires en provenance de l'Est. Le passage à proximité de Mayotte est très aléatoire avec des passages aussi bien au Nord, au Sud, à l'Est et à l'Ouest de l'île. Une analyse précise du fichier des trajectoires de cyclone permettrait d'obtenir des informations plus détaillées concernant Mayotte.

En se basant sur le détail des alertes, depuis 1976, Mayotte a été concernée par 10 cyclones, à savoir : Clotilde (1976) ; Andry (1983), Kamisy (1984), Nadia (1994), Hudah (2000), Hary (2002), Kesiny (2002), Elita (2004), Gafilo (2004), Bondo (2006) et récemment Jokwe (2008).

Plusieurs tempêtes tropicales ont toutefois engendré des conséquences importantes telles que Feliksa (1985), Gloria (2000) et plus récemment Fame (2008).

- **La tempête tropicale intense FAME**

La forte tempête tropicale FAME est née le 23/01/2008 au Nord et s'est dirigée sur Mayotte selon une trajectoire globalement Nord-Est Sud-Est. Elle passe à l'Est de Mayotte le 24 avant de stationner au Sud de l'île entre le 25 et le 26 janvier. Entre ces dates, le vent a soufflé au maximum à 101 km/h en moyenne et 143 km/h en rafales et la pression minimale était de 982 hPa (26/01/08) - (valeurs maximales estimées au centre de la dépression, les valeurs sur Mayotte pouvant être sensiblement inférieures). La tempête s'est ensuite encore intensifiée en s'éloignant de Mayotte vers le Sud (intensité maximale le 27/01/08 à 12h UTC) en adoptant une trajectoire globale de type parabolique.



Qualification de FAME en terme de houle

- **Acquisition des données de houle**

La région de Mayotte ne possède pas de houlographe, aussi les seules données disponibles sont issues de modèles mondiaux.

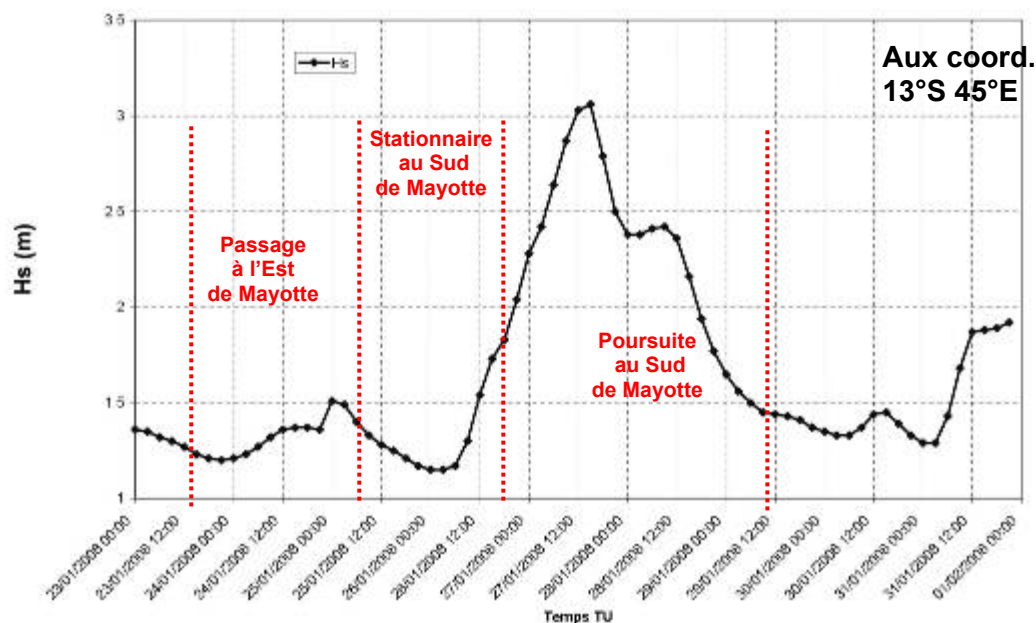
Les données de houle du modèle NWW3 ont été extraites en avril 2008 après l'indexation des dates correspondant à FAME dans les archives de la NOAA. La houle est calculée à partir des champs de vents détectés par télédétection (modèle de vent GFS de la NOAA).

Après prétraitements (compilation des données via le développement d'une routine et passage du format NC aux formats ASCII/Excel), ces données renseignent toutes les 3 h sur la hauteur significative, la période et la direction de la houle depuis le 30 janvier 1997, date de mise en service du modèle, jusqu'au 1^{er} mars 2008.

Les données ont été extraites, sur Mayotte (à proximité de la passe aux bateaux au Sud-Ouest de l'île), au nœud 13° S et 45°E de la maille du modèle. La maille du modèle est de 1,5 degré d'arc (environ 110 km), ce qui peut dans certains cas être relativement imprécis pour capturer les champs de vent relatifs aux cyclones. Les données restent donc exploitables pour FAME mais sont à prendre avec précaution en ce qui concerne leur valeur exacte.

- **Qualification sur la période de l'évènement FAME**

A la fin janvier 2008, ces données mettent bien évidence le pic de houle lié à FAME qui correspond exactement au pic d'intensité du cyclone. La houle a ainsi atteint un maximum de 3 m le 27/01/2008 entre 12 et 15h. La période de la houle n'est en revanche pas très importante (6,8 s.). La direction est principalement de secteur Nord-Nord-Ouest.



Il y a donc trois situations à noter :

- l'arrivée de la tempête sur Mayotte et son passage à l'Est des côtes le 24/01 qui correspond à une houle de Sud-Sud-Ouest (207°) entre 1 et 1,5 m, pour une période importante de 14s ;
- la stagnation de la tempête au Sud de Mayotte le 25 et 26/01 avec un changement brusque de direction de la houle (Nord-Nord-Est - 27°) et une hauteur de 1,5 m maximum pour une période déclinant à 7 s ;
- la reprise de la trajectoire de la tempête vers le Sud le 27/01 avec une augmentation de la hauteur de la houle (3m) liée à l'intensification des vents, une direction Nord-Nord-Ouest (331°) pour une période se stabilisant autour de 6 s.

Pour mieux comprendre ces informations, il est important de rappeler que la direction de la houle n'est pas dépendante de la trajectoire de la perturbation mais de la distance à l'œil et de la vitesse de déplacement du système dépressionnaire. Lorsque la vitesse de déplacement du système est suffisamment élevée, la houle suit globalement la direction du vent. En revanche, lorsque le cyclone est lent (< 8m/s), la houle est déviée vers l'extérieur du cyclone à mesure que l'on s'éloigne de l'œil.

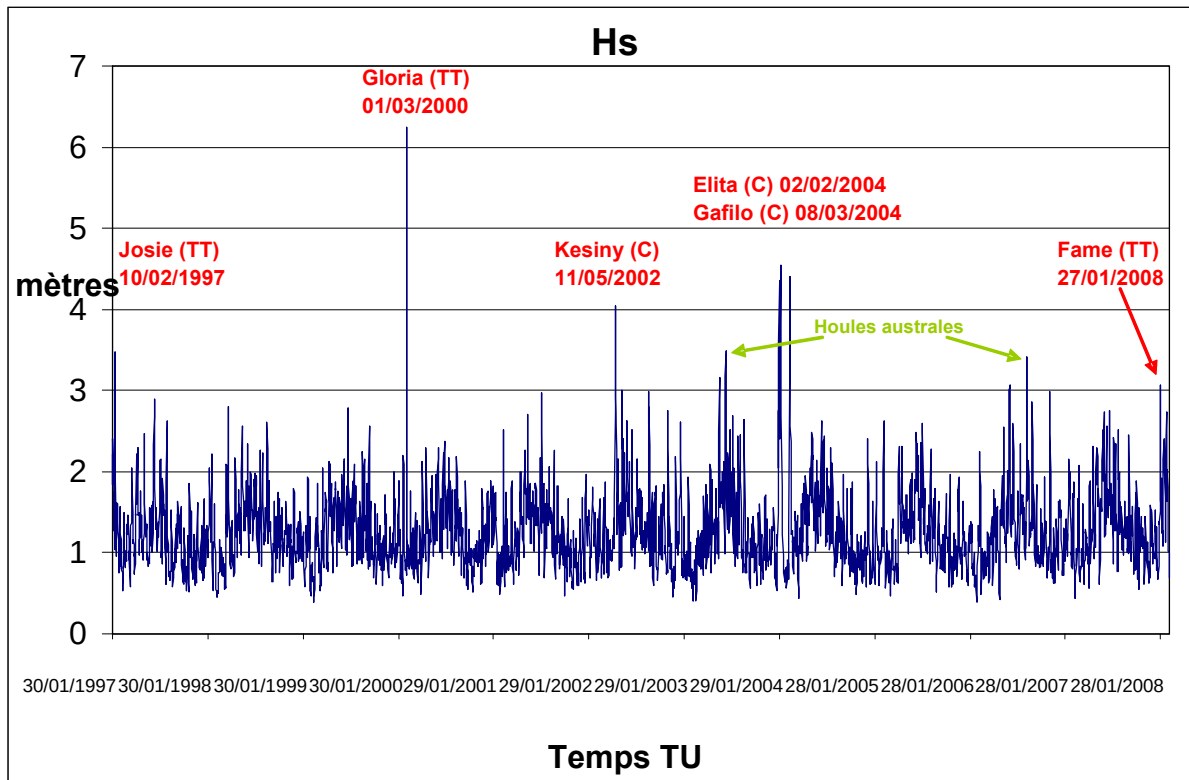
La houle est également en décalage dans le temps par rapport à la position du système dépressionnaire, elle arrive avant la perturbation et perdure après.

Ainsi, la houle a contourné toute l'île par l'Est, ce qui a dû limiter la propagation dans le lagon compte-tenu de la relative continuité de la barrière récifale sur cette façade de l'île. Sa hauteur n'était en outre pas très importante même si sa période (14s.) indique une houle longue et énergétique. **Jusqu'au 25/01, la pénétration de la houle dans le lagon a dû se limiter au Sud-Est de l'île, pour un impact sans doute notable mais modéré.**

En revanche, la houle a vraisemblablement gagné le lagon par la large ouverture de la barrière au Nord-Ouest, lorsque la perturbation a commencé à poursuivre sa trajectoire vers le Sud, ce qui correspond avec l'augmentation de sa hauteur significative (pic à 3m). **C'est par conséquent à partir du 26 /01/08 que la houle a dû être la plus dommageable pour Mayotte avec une propagation supposée dans toute la partie ouest du lagon.**

- **Qualification de la houle de FAME sur l'ensemble de la chronique de données**

Les données NWW3 débutant en 1997, les événements antérieurs tels Kamisy (1984) et Feliksa (1985) ne sont pas représentés dans la série ci-dessous.



L'observation de la chronique des hauteurs significatives maximum journalières sur les dix dernières années permet de noter 3 niveaux principaux de houle :

- la houle « ordinaire » oscille de manière saisonnière entre 0,5 et 2 m avec notamment un pic en hiver correspondant aux remontées des houles australes dans le canal du Mozambique. La moyenne des hauteurs maximum journalières se situe dans cette tranche à 1,27 m ;
- entre 2 et 3 m correspondent des événements plus rares mêlant des houles de type cyclonique et des houles australes ;
- au-delà de 3 m, la houle correspond aux épisodes extrêmes essentiellement de type cyclonique même si quelques rares cas de houles australes parviennent à ce stade.

Ainsi, si l'on exclue la houle ordinaire, la plupart des épisodes de type cyclone ou tempête tropicale ne dépassent pas 3m, **ce qui fait de la tempête FAME un événement notable mais modéré.**

Sur les 10 dernières années, la houle de la tempête tropicale Gloria en 2000 apparaît comme de loin la plus importante avec plus de 6m, suivie ensuite par les cyclones Elita en 2004 (4,5 m) et Keniny en 2002 (4m).

A titre de comparaison, l'utilisation d'un abaque de l'USACE (*US Army Corps of Engineers*) basé sur la vitesse et la durée du vent permet d'obtenir des valeurs de houle de 6m pour Kamisy et 7,5 m pour Feliksa au niveau du rayon de vent maximum.

Définition d'un évènement de référence

La définition d'un évènement de référence est essentielle pour la caractérisation et la cartographie des aléas côtiers. En termes de submersions marines, l'aléa de référence est évalué, par convention, à partir d'une probabilité d'occurrence historique au moins centennale.

Or, l'estimation de cette occurrence centennale nécessite une analyse plus poussée que le traitement ci-dessus. Cette analyse ne pouvant s'inscrire dans le cadre de cette note, une méthode est cependant proposée.

Les étapes suivantes résument la démarche à entreprendre :

- Achat auprès de Météo-France de l'ensemble des données concernant les cyclones du bassin sur l'ensemble de la période disponible ;
- Présélection d'une liste de cyclones (ou TT) concernant Mayotte en fonction des paramètres suivant : vent maximum, pression minimale, distance minimale par rapport à Mayotte et rayon du vent maximum ;
- Observation ou calcul (modélisation) des valeurs de pic de houle correspondant aux cyclones présélectionnés selon les paramètres suivant : date/heure ; hauteur significative ; période ; direction ; évènement correspondant ;
- Analyse statistique fréquentielle en valeurs extrêmes (analyse paramétrique des probabilités de dépassement) des hauteurs maximales basée sur l'ajustement de la série sur différentes lois de distribution théoriques (Weibull, Gumbel, Log-normale, exponentielle, ...) pour déterminer la hauteur centennale ;
- Analyse de la relation entre hauteur significative maximale (H_{m0}) et la période pic (T_p) afin de déterminer la période pic correspondant aux évènements de type centennal ;
- Analyse directionnelle selon la répartition des hauteurs significatives maximales et la direction moyenne de la houle afin de déterminer la direction des houles centennales.

Le choix de l'évènement de référence se fait enfin par comparaison entre les valeurs théoriques centennales, les évènements correspondants et le secteur de Mayotte considéré suivant son exposition aux différentes directions de houle (un évènement peut faire référence pour Sada mais pas Mamoudzou).

3. Note 2008 SAR/MAYOTTE 03

Inventaire et bilan des mouvements de terrain ayant eu lieu à la suite de la forte tempête tropicale FAME de fin Janvier 2008.

C Cluzet

BRGM - Service Géologique Régional Océan Indien

Note 2008 SAR/MAYOTTE 03

Appui 2007 à la Direction de l'Équipement de Mayotte Appui 2008 aux Administrations	
Date de la visite : 25/01/08 au 25/02/2008	Site : Mayotte
Commune : Ensemble des communes de Mayotte	
Participant(s) : C Cluzet (BRGM)	
Objet : Recensement des mouvements de terrain à Mayotte suite à la tempête FAME	
Demandeur : DE/SEC/HEA, Préfecture de Mayotte (SIDPC)	
Diffusion : DE/SEC/HEA, Préfecture de Mayotte (SIDPC), Antenne BRGM de Mayotte	

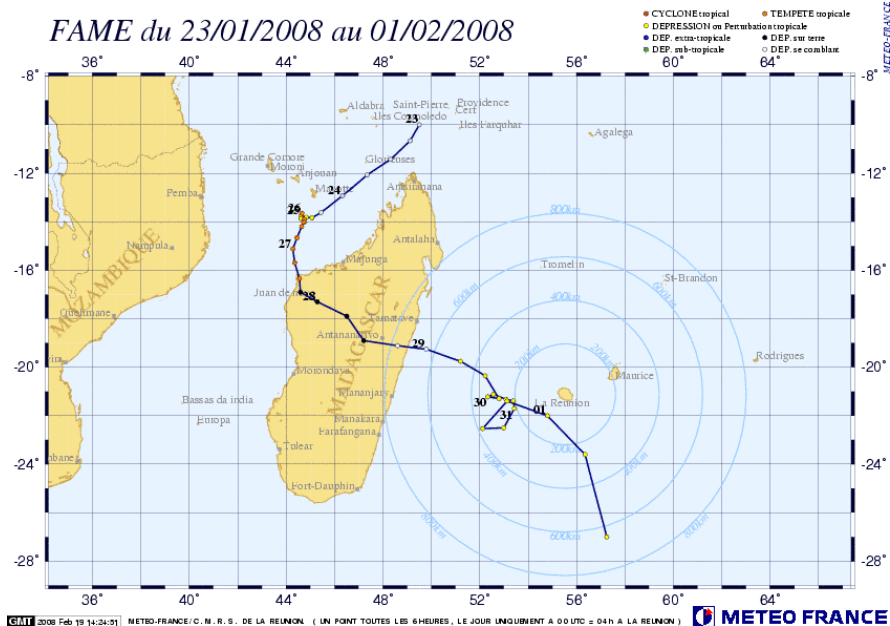
Circonstances de l'intervention du BRGM

« A partir du Mercredi 23 Janvier, l'île de Mayotte subit les conséquences d'une phase active de la zone de convergence intertropicale sur l'archipel des Comores et d'un système dépressionnaire (orages, fortes pluies, vents forts et forte houle).

D'abord simple *zone perturbée*, puis *perturbation tropicale* le jeudi 24 janvier à 15 h locales de Mayotte, ce système a atteint le stade de *dépression tropicale* le vendredi 25 Janvier à 15h locales de Mayotte, de *tempête tropicale modérée* baptisée « FAME » le vendredi 25 janvier à 21h locales de Mayotte et enfin de *forte tempête tropicale* samedi 26 janvier à 15h locales de Mayotte.

Durant sa trajectoire au stade de *tempête tropicale modérée*, sa position la plus proche de l'île de Mayotte est relevée le samedi 26 janvier à 09h locales de Mayotte par 13.8° S et 44.8°E soit à environ 100 kms dans le Sud-Sud-Ouest de Mayotte avec une pression au centre de 987 hPa. »

Extraits du bulletin de MétéoFrance du Mercredi 13 février 2008, Station météorologique de l'Aéroport de Dzaoudzi-Pamandzi (Mayotte)



Carte limitée à la trajectoire complète - Mise à jour : Jeudi, 21 février 2008, 10h08 (UTC+4). www.meteo.fr

Les très fortes précipitations engendrées par cet évènement météorologique ont provoqué de nombreux mouvements de terrains. Pour enrichir les bases de données existantes et améliorer l'état des connaissances en la matière, la Direction de l'Équipement (DE/SEC/HEA) a demandé au BRGM d'effectuer un recensement des mouvements de terrain ayant eu lieu sur Mayotte à la suite de cette tempête.

Le Service Interministériel de Défense et de Protection Civile (SIDPC) de la Préfecture de Mayotte s'est également porté demandeur pour ce travail qui entre dans le cadre des missions de la Cellule de Sécurité Civile (CSC⁴) qu'il coordonne.

La synthèse de ces évènements apportera des éléments nouveaux qui permettront d'améliorer la compréhension des phénomènes et d'affiner la prise en compte de l'aléa mouvement de terrain dans les documents cartographiques existants ou en cours d'élaboration (Atlas des aléas naturels et Plans de Prévention des Risques).

Pièces du dossier fournies par le demandeur au BRGM

Néant

Observations ressortant des compétences du BRGM

Méthode de recensement

L'inventaire des mouvements de terrain a été effectué au cours de plusieurs visites de terrain le long du réseau routier de Mayotte (RN, CCD et autres voiries) ainsi qu'à l'intérieur des principales zones d'agglomération.

Pour localiser les évènements importants ayant eu lieu sur les reliefs intérieurs et dans les zones non accessibles par la route, un survol en ULM a été réalisé.

La description des évènements est faite sous forme de fiches individuelles rassemblant les informations essentielles relative à la localisation, la nature, l'importance, l'origine et les conséquences de l'évènement. Ces fiches sont élaborées à partir des modèles de référence utilisés dans le cadre de l'inventaire national des mouvements de terrain. Par la suite, l'ensemble de ces données factuelles seront intégrées dans la base de données nationale sur les mouvements de terrain (BDMVT) gérée par le BRGM en collaboration avec le LCPC et les services RTM.

Trois types principaux d'évènements ont été recensés :

- les glissements (et glissements-coulées) ;
- les éboulements et chutes de blocs ;
- les coulées de boue.

⁴ La CSC est composée de l'ensemble des acteurs participant notamment à la prévention des risques, la gestion des crises et la définition des actions d'alerte, d'information et de protection de la population.

Il est rappelé que les conditions d'apparition et les facteurs déclenchants de ces phénomènes peuvent relever :

- soit de conditions inhérentes au milieu (nature et structure des terrains, morphologie du site, pente topographique) ;
- soit de facteurs externes d'origine naturelle (ex. fortes pluies) ou anthropique (ex. travaux, talus routiers, pratiques culturelles).

Le recensement fait donc état des mouvements de terrain, qu'ils aient une origine purement naturelle ou non . Les fiches individuelles décrivent systématiquement, et dans la mesure du possible, les facteurs à l'origine des événements.

Par ailleurs, compte-tenu de la géologie spécifique de Mayotte, il faut rappeler qu'un certain nombre de ces événements sont des cas intermédiaires : par exemple, des glissements accompagnés de chutes de blocs. De même, un certain nombre de glissements sont ici qualifiés de glissements-coulées étant données leur forte teneur en eau et la nature des matériaux qu'ils affectent (argiles d'altération superficielles). En effet, il faut rappeler l'importance historique des précipitations enregistrées lors de la tempête FAME, ainsi que la forte intensité des écoulements superficiels qui en ont résulté. Pour la plupart des mouvements de terrain inventoriés, il apparaît ainsi une forte relation avec les phénomènes superficiels d'érosion des sols.

Cet inventaire résulte de travaux (investigations de terrain, retranscriptions, compilation, mise en forme, interprétations...) effectués dans un temps imparti et avec des moyens limités. Il n'est évidemment pas exhaustif et se limite aux événements effectivement constatés lors des visites de terrain.

L'ensemble des événements recensés est compilé sous la forme d'une table Mapinfo qui permet de les resituer géographiquement de façon précise (cf carte ci-après). A chaque point correspond à un événement auquel on a attribué :

- un identifiant (ID) ;
- des coordonnées X et Y (en mètres dans le système de projection RGM04) ;
- un type d'évènement (glissement, éboulement, etc) ;
- le nom de la commune concernée ;
- le code INSEE de la commune concernée.

Les données attributaires de cette table sont reportées ci-après.

Enfin, chaque événement a été photographié. Les photos ont été classées et référencées, les clichés les plus intéressants ont été rassemblés sous la forme d'un cahier photographie (cf **ANNEXE**).

Bilan des mouvements de terrain recensés

Au total 94 évènements ont été recensés dont 52 glissements de terrain, 36 éboulements ou chutes de blocs et 6 coulées de boue.

Tout évènement confondu, Bandraboua et Mamoudzou sont les deux communes les plus affectées avec 11 évènements.

Les communes les moins touchées sont celles Pamandzi (aucun évènement) et Tsingoni (1 évènement).

En dehors de ces 2 dernières communes, les autres sont affectées en moyenne par 6 évènements.

On remarque que les communes de Kani-Kéli, Koungou et M'tzamboro sont surtout affectées par des éboulements ou des chutes de blocs alors que les autres (à part Acoua, Dzaoudzi et Ouangani) sont essentiellement concernées par des glissements.

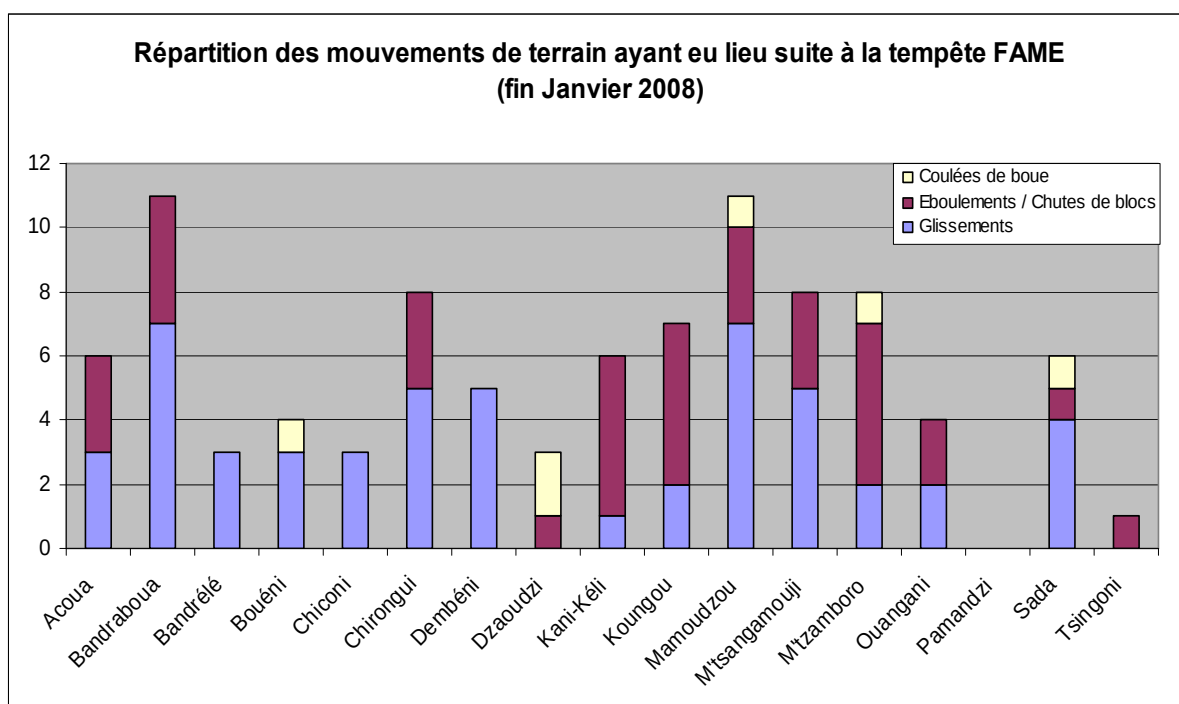
Pour l'ensemble de ces évènements, il est clair que l'élément déclencheur est un facteur externe d'origine naturel, à savoir les fortes précipitations engendrées par la tempête.

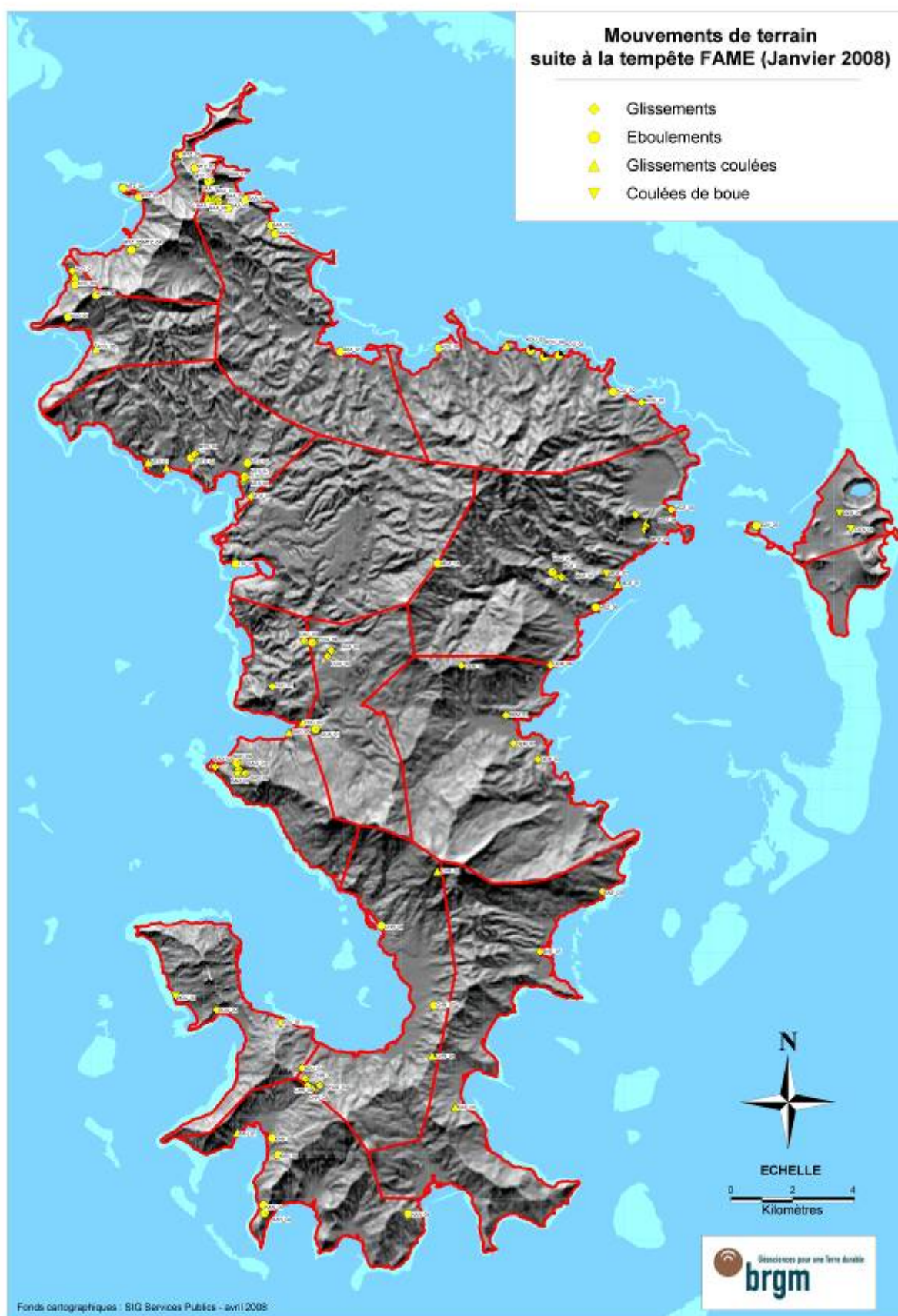
Sur les 94 mouvements de terrain recensés, la majorité d'entre eux (environ 90 %) ont eu lieu dans un milieu anthropisé (talus routiers, travaux d'aménagements, anciennes carrières, etc.). Il faut rappeler que l'inventaire n'est pas exhaustif car focalisé dans un premier temps sur les zones les plus accessibles : le réseau routier, les zones urbaines et leurs abords immédiats. Pour compléter ces reconnaissances dans les zones d'accès difficiles, un survol de l'île en ULM à l'intérieur des terres a ensuite été effectué. Il a permis de recenser une dizaine de mouvements de terrain ayant eu lieu dans un contexte purement naturel. Là encore, le recensement ne peut pas être exhaustif et se limite aux zones effectivement survolées.

Ce résultat (forte proportion d'évènement en milieu anthropisé) montre effectivement que l'anthropisation des milieux peut s'avérer être un facteur de prédisposition important lors de la manifestation des mouvements de terrain. Malgré tout, il reste que ces évènements sont la conséquence directe des conditions météorologiques exceptionnelles liées au passage de Fame ; ces sollicitations dynamiques naturelles sont bien l'élément déclencheur des mouvements de terrain constatés.

Synthèse des mouvements de terrain ayant eu lieu à la suite de la tempête FAME.

	Glissements	Eboulements / chutes de blocs	Coulées de boue	Total
Acoua	3	3	0	6
Bandraboua	7	4	0	11
Bandrélé	3	0	0	3
Bouéni	3	0	1	4
Chiconi	3	0	0	3
Chirongui	5	3	0	8
Dembéni	5	0	0	5
Dzaoudzi	0	1	2	3
Kani-Kéli	1	5	0	6
Koungou	2	5	0	7
Mamoudzou	7	3	1	11
M'tsangamouji	5	3	0	8
M'tzamboro	2	5	1	8
Ouangani	2	2	0	4
Pamandzi	0	0	0	0
Sada	4	1	1	6
Tsingoni	0	1	0	1
TOTAUX	52	36	6	94





Données issues de la table Mapinfo compilant l'ensemble des mouvements de terrain.

ID	Coordonnée X	Coordonnée Y	Evènement	Commune	Code INSEE
ACO_01	505662.58	8595336.7	Glissement	Acoua	98501
ACO_02	505749.05	8595167.09	Glissement coulée	Acoua	98501
ACO_03	505748.26	8594893.86	Eboulement	Acoua	98501
ACO_04	505519.33	8593848.71	Eboulement	Acoua	98501
ACO_05	506434.97	8592823.78	Glissement coulée	Acoua	98501
ACO_06	506436.4	8594547.84	Eboulement	Acoua	98501
BAA_01	514386.22	8592715.31	Eboulement	Bandraboua	98502
BAA_02	512259.11	8596556.03	Eboulement	Bandraboua	98502
BAA_03	512135.9	8596824.6	Eboulement	Bandraboua	98502
BAA_04	511285.9	8597671.84	Eboulement	Bandraboua	98502
BAA_05	510721.08	8597389.43	Eboulement	Bandraboua	98502
BAA_06	510399.42	8597603.89	Eboulement	Bandraboua	98502
BAA_07	510291.92	8597682.92	Glissement coulée	Bandraboua	98502
BAA_08	510214.39	8597669.07	Glissement coulée	Bandraboua	98502
BAA_09	510084.26	8597674.61	Glissement coulée	Bandraboua	98502
BAA_10	510064.19	8597743.83	Glissement coulée	Bandraboua	98502
BAA_11	510157.64	8598290.65	Eboulement	Bandraboua	98502
BAE_01	520863.97	8573174.78	Glissement	Bandrélé	98503
BAE_02	518115.91	8568118.31	Glissement coulée	Bandrélé	98503
BAE_03	522903.27	8575135.96	Glissement	Bandrélé	98503
BOU_01	512437.88	8570863.73	Glissement	Bouéni	98504
BOU_02	510355.69	8571279.77	Glissement	Bouéni	98504
BOU_03	509018.05	8571721.78	Coulée de boue	Bouéni	98504
BOU_04	513130.84	8569389.9	Glissement	Bouéni	98504
CHC_01	512168.23	8581812.64	Glissement	Chiconi	98505
CHC_02	513151.38	8580643.14	Glissement coulée	Chiconi	98505
CHC_03	513198.19	8583317	Glissement	Chiconi	98505
CHR_01	517367.36	8569792.58	Glissement coulée	Chirongui	98506
CHR_02	513320.59	8568810.91	Glissement	Chirongui	98506
CHR_03	513417.02	8568694.14	Eboulement	Chirongui	98506
CHR_04	513710.71	8568821.52	Glissement	Chirongui	98506
CHR_05	513238.32	8569050.64	Glissement	Chirongui	98506
CHR_06	517530.84	8575796.18	Glissement coulée	Chirongui	98506
CHR_07	517426.94	8571420.33	Eboulement	Chirongui	98506
CHR_08	515708.03	8574014.55	Eboulement	Chirongui	98506
DEM_01	519762.15	8580874.95	Glissement	Dembéni	98507
DEM_02	520013.15	8579956.05	Glissement	Dembéni	98507
DEM_03	520804.61	8579438.87	Glissement	Dembéni	98507
DEM_04	521216.29	8582504.88	Glissement	Dembéni	98507
DEM_05	518317.99	8582496.79	Glissement	Dembéni	98507
DZA_01	530617.74	8587450.48	Coulée de boue	Dzaoudzi	98508
DZA_02	530979.87	8586927.55	Coulée de boue	Dzaoudzi	98508
DZA_03	527910.14	8587043.49	Eboulement	Dzaoudzi	98508
KAN_01	511026.43	8567285.48	Glissement coulée	Kani-Kéli	98509
KAN_02	511886.09	8564923.45	Eboulement	Kani-Kéli	98509
KAN_03	516586.89	8564641.9	Eboulement	Kani-Kéli	98509
KAN_04	511915.81	8564663.81	Eboulement	Kani-Kéli	98509
KAN_05	512360.77	8566558.66	Eboulement	Kani-Kéli	98509
KAN_06	512162.62	8567101.82	Eboulement	Kani-Kéli	98509
ID	Coordonnée X	Coordonnée Y	Evènement	Commune	Code INSEE

KOU_01	524175.84	8591061.77	Glissement	Koungou	98510
KOU_02	523250.42	8591404.42	Eboulement	Koungou	98510
KOU_03	521487.54	8592587.16	Eboulement	Koungou	98510
KOU_04	521009.85	8592530.64	Eboulement	Koungou	98510
KOU_05	520562.99	8592753.69	Eboulement	Koungou	98510
KOU_06	519772.14	8592920.35	Glissement coulée	Koungou	98510
KOU_07	517573.07	8592823.95	Eboulement	Koungou	98510
MDZ_01	523396.96	8585131.98	Glissement coulée	Mamoudzou	98511
MDZ_02	523035.82	8585464.31	Coulée de boue	Mamoudzou	98511
MDZ_03	524279.38	8586910.62	Glissement	Mamoudzou	98511
MDZ_04	524330.57	8587150.29	Glissement coulée	Mamoudzou	98511
MDZ_05	525143.89	8587569.57	Glissement	Mamoudzou	98511
MDZ_06	522680.31	8584387.18	Eboulement	Mamoudzou	98511
MDZ_07	521572.69	8585370.18	Glissement	Mamoudzou	98511
MDZ_08	521372.75	8585424.71	Glissement	Mamoudzou	98511
MDZ_09	523981.92	8587396.73	Glissement	Mamoudzou	98511
MDZ_10	521275.46	8585531.76	Eboulement	Mamoudzou	98511
MDZ_11	517543.96	8585810.68	Eboulement	Mamoudzou	98511
MTS_01	508125.36	8589105.78	Glissement coulée	M'tsangamouji	98513
MTS_02	508719.25	8588925.06	Glissement coulée	M'tsangamouji	98513
MTS_03	509522.47	8589253.82	Eboulement	M'tsangamouji	98513
MTS_04	509641.41	8589381.3	Glissement	M'tsangamouji	98513
MTS_05	511353.42	8589081.29	Eboulement	M'tsangamouji	98513
MTS_06	511231.24	8588584	Glissement coulée	M'tsangamouji	98513
MTS_07	511268.2	8588635.33	Eboulement	M'tsangamouji	98513
MTS_08	511478	8587996.34	Glissement	M'tsangamouji	98513
MTZ_01	510078.72	8598261.58	Eboulement	M'tzamboro	98512
MTZ_02	509649.57	8598699.03	Eboulement	M'tzamboro	98512
MTZ_03	509177.41	8599112.26	Glissement	M'tzamboro	98512
MTZ_04	507793.65	8596223.35	Glissement	M'tzamboro	98512
MTZ_05	507746.81	8596223.36	Coulée de boue	M'tzamboro	98512
MTZ_06	507584.05	8596020.97	Eboulement	M'tzamboro	98512
MTZ_07	507823.72	8597747.45	Eboulement	M'tzamboro	98512
MTZ_08	507319.99	8598042.6	Eboulement	M'tzamboro	98512
OUA_01	513573.56	8580417.14	Eboulement	Ouangani	98514
OUA_02	513967.58	8582786.16	Glissement	Ouangani	98514
OUA_03	514085.31	8582977.83	Glissement	Ouangani	98514
OUA_04	513463.78	8583247.18	Eboulement	Ouangani	98514
SAD_01	511076.26	8579121.36	Glissement	Sada	98516
SAD_02	510314.37	8579198.64	Glissement	Sada	98516
SAD_03	511030.99	8578914.97	Coulée de boue	Sada	98516
SAD_04	511007.49	8579326.42	Eboulement	Sada	98516
SAD_05	512702.83	8580311.42	Glissement coulée	Sada	98516
SAD_06	511288.9	8578985.91	Glissement	Sada	98516
TSI_01	510978.65	8585800.76	Eboulement	Tsingoni	98517

ANNEXE : Cahier photographique des mouvements de terrain post FAME.

Commune d'Acoua



ACO_01



ACO_03



ACO_04



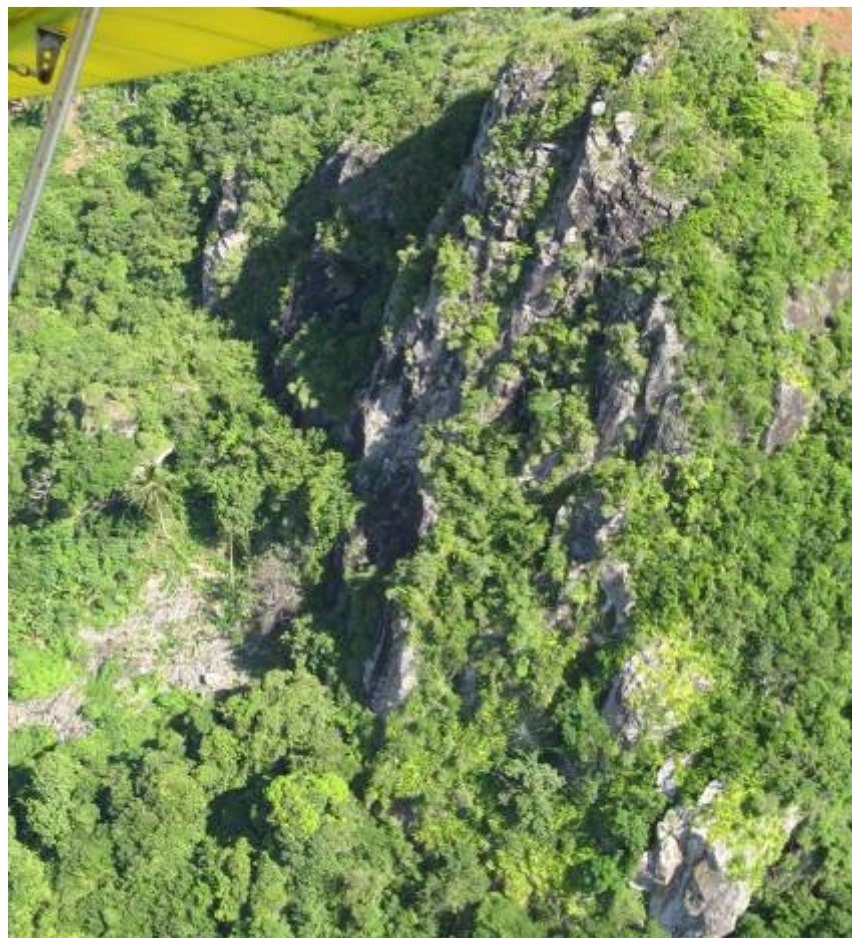
ACO_05



ACO_06



ACO_06



ACO_06

Commune de Bandraboua



BAA_01



BAA_03



BAA_04



BAA_04



BAA_07



BAA_08



BAA_10



BAA_07 et BAA_08



BAA_09 et BAA_10

Commune de Bandrélé



BAE_01



BAE_01



BAE_02



BAE_02



BAE_03

Commune de Bouéni



BOU_01



BOU_01



BOU_01



BOU_02



BOU_04

Commune de Chiconi



CHC_01



CHC_02



CHC_03



CHC_03

Commune de Chirongui



CHR_01



CHR_02



CHR_03



CHR_04



CHR_04



CHR_04



CHR_06



CHR_06



CHR_07



CHR_08

Commune de Dembéni



DEM_01



DEM_02



DEM_03



DEM_03



DEM_04



DEM_04



DEM_05



DEM_05

Commune de Dzaoudzi-Labattoir



DZA_01



DZA_01



DZA_02



DZA_03

Commune de Kani-Kéli



KAN_01



KAN_02



KAN_03



KAN_04



KAN_05



KAN_06

Commune de Koungou



KOU_01



KOU_02



KOU_02



KOU_03



KOU_03



KOU_03



KOU_04



KOU_06



KOU_07



KOU_07

Commune de Mtsangamouji



MTS_01



MTS_03



MTS_04



MTS_05



MTS_06



MTS_06



MTS_07



MTS_07



MTS_08

Commune de M'tzamboro



MTZ_01



MTZ_02



MTZ_03



MTZ_04



MTZ_04



MTZ_05



MTZ_05



MTZ_05



MTZ_07



MTZ_07



MTZ_08

Commune de Mamoudzou



MDZ_01



MDZ_01



MDZ_02



MDZ_03



MDZ_04



MDZ_05



MDZ_05



MDZ_06



MDZ_07



MDZ_08



MDZ_09



MDZ_09



MDZ_09



MDZ_10



MDZ_11

Commune de Ouangani



OUA_01



OUA_01



OUA_01



OUA_02



OUA_03



OUA_04

Commune de Sada



SAD_01



SAD_01



SAD_02



SAD_02



SAD_04



SAD_05



SAD_05



SAD_06

Commune de Tsingoni



TSI_01



TSI_01

4. Note 2008 SAR/MAYOTTE 05



DE Mayotte

Avis sur le risque de houle cyclonique sur le site du projet d'hôtel de N'Gouja

Mars 2008
Ywenn DE LA TORRE

Note 2008 SAR/MAYOTTE 05
Projet PSP07MAY09 – Appui DE 2007

BRGM
Service géologique régional Réunion
5, rue Sainte-Anne - B.P. 906 - 97478 Saint-Denis Cedex -
Tél. 21.22.14 - Fax : 21.86.96



Contexte

La DE Mayotte instruit le dossier de projet d'aménagement d'un hôtel sur la plage de N'Gouja. Elle souhaite à ce titre avoir un avis sur le risque encouru par les aménagements prévus en termes d'exposition à la houle cyclonique.

Le BRGM s'appuie sur les travaux existants pour émettre cet avis, à savoir :

- **G. Eucher, J.-C. Audru, E. Bouleau, J.-F. Desprats, E. Djaco, O. Jossot, J.-L. Nédellec, A. Vigneau (2007)** - Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Bouéni et Kani Kéli. Rapport BRGM/RP-55077-FR, 86 p., 78 figures ou photos, 3 tableaux, 30 cartes et 8 annexes ;
- **S. Lecacheux ; Y. Balouin et Y. De la Torre (2008)** – Modélisation des vagues d'origine cyclonique à Mayotte. BRGM/RP-55981-FR, 110 p., 62 fig.

Cet avis se fait sur dossier, aucune visite de terrain spécifique n'a été réalisée. La plage de N'Gouja est néanmoins bien connue du BRGM car elle fait partie des sites suivis en matière d'érosion côtière. Les pièces fournies pour cet avis sont :

- Vue en plan du projet ;
- Plan de masse du projet + Annexe 2 (ponton).

Diagnostic

- **Niveau de surcote cyclonique**

L'atlas des aléas naturels fait état d'une surcote cyclonique à terre de **+3.55 m NGM** pour un aléa fort basé sur le cyclone Feliksa de 1985 (probabilité d'occurrence importante). Ce calcul est basé sur la prise en compte du plus haut niveau des marées de vives eaux (+4.20 m NGM), d'une valeur de houle de + 0.9 m (valeurs « standard » en arrière des plages de Mayotte) et d'une surcote atmosphérique calculée au droit de la plage de Ngouja (modélisation par Météo-France).

L'aléa moyen basé sur un cyclone exceptionnel (pseudo-Harry) évalue cette surcote à +5.34 m NGM avec pour seul changement la valeur de surcote atmosphérique (valeurs de houle et de marée inchangées).

L'étude de modélisation des vagues apporte une information complémentaire sur la hauteur de houle possible au droit de la plage de N'Gouja. Pour la tempête tropicale Gloria de 2000 (probabilité d'occurrence importante), la hauteur significative de la houle est d'environ 1 m, ce qui concorde avec les estimations de l'atlas.

En revanche, pour une houle cyclonique extrême (Houle de SW pour un cyclone pseudo-Kamisy : probabilité d'occurrence faible), les vagues au droit de la plage avoisinent les 2 m, ce qui contribue à majorer la cote de l'atlas en aléa moyen aux alentours des **6 m**.

Il est à noter que cette méthode ne prend pas en compte l'effet de « run-up », c'est-à-dire la pénétration des vagues à l'intérieur des terres sous l'effet du jet de rive. Il est donc probable que les submersions liées à ces valeurs soient sous-estimées.

- **Position des aménagements du projet**

La cartographie de la « vue en plan » du projet indique la position des aménagements de l'hôtel et la cote +3.55 m de l'aléa fort de l'atlas. Elle fait donc apparaître que l'une des suites en front de mer (première ligne) serait gagnée par les vagues en empruntant le talweg de la ravine à l'est de la plage.

Si l'on considère la surcote d'aléa moyen (+ 6 m), c'est l'ensemble de la première ligne des bungalows, des suites et de la « médina » centrale qui est susceptible d'être atteinte par les vagues en période de cyclone extrême.

Préconisations

Au regard du diagnostic, il semble que pour une prise en compte d'un cyclone moyen, seul un bâtiment est à reculer (légèrement) afin de le garantir de l'inondation par la mer sous l'effet des vagues.

En revanche, pour un cyclone extrême c'est toute la première ligne du projet qui est à reculer en conséquence afin de la mettre hors de portée des submersions marines.

Le recul des aménagements doit prévoir une marge supplémentaire (au moins + 1 m) par rapports aux surcotes énoncées pour pallier à l'effet du jet de rive (run-up) qui n'est pas pris en compte.

5. Note 2008 SAR/MAYOTTE 07



Direction de l'Équipement
de Mayotte

Modélisation de la hauteur de houle et de la surcote induite par la houle de la forte dépression tropicale « FELIKSA »

Juin 2008

S. LECACHEUX et Ywenn DE LA TORRE

**Note 2008 SAR/MAYOTTE 07
Projet PSP07MAY09 – Appui DE 2007**

BRGM
Service géologique régional Réunion
5, rue Sainte-Anne - B.P. 906 - 97478 Saint-Denis Cedex -
Tél. 21.22.14 - Fax : 21.86.96



Contexte et objet de la note

Dans le cadre de l'étude BRGM de 2007 sur la modélisation de la houle cyclonique à Mayotte [1] (hauteur significative de la houle et surcote induite par la houle, ci-après dénommées *Hs* et *set-up*), plusieurs simulations basées sur des cyclones et tempêtes réels et théoriques ont été réalisées.

Les données d'entrée issues des modèles globaux de la NOAA⁵ (NWW3 pour la houle de Seawinds pour les champs de vent) étant indisponibles avant 1987, un seul évènement (Kamisy, avril 1984) a été simulé avant cette date, en forçage constant à partir des données Météo-France pour le vent et des formules empiriques existantes pour la houle [2].

Or, la DE s'intéresse particulièrement à la tempête tropicale Feliksa (1985) qui correspond à l'évènement de référence pour l'aléa fort du zonage des submersions liées aux surcotes cycloniques (cf. *Atlas des aléas naturels* [3] basé notamment sur la modélisation de la surcote atmosphérique de Météo-France [4]).

La DE souhaite donc faire refaire une simulation pour l'évènement Feliksa afin de disposer d'informations sur la houle (*Hs* et *set-up*) pour cet évènement.

Les documents ayant servi à cette note sont les suivants :

- [1] **S. Lecacheux ; Y. Balouin et Y. De la Torre (2008)** – Modélisation des houles d'origine cyclonique à Mayotte. BRGM/RP-55981-FR, 110 p., 62 fig.
- [2] **US Army Corps of Engineers (2001)** – Coastal Engineering Manual 1110-2-1100, Part II. Meteorology and Wave Climate.
- [3] **G. Eucher, J.-C. Audru, E. Bouleau, J.-F. Desprats, E. Djaco, O. Jossot, J.-L. Nédellec, A. Vigneau (2007)** - Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Bouéni et Kani Kéli. Rapport BRGM/RP-55077-FR, 86 p., 78 figures ou photos, 3 tableaux, 30 cartes et 8 annexes
- [4] **HAIE B. et DANIEL P. (2004)** – Etude de la surcote cyclonique de l'Océan Indien sur le littoral de Mayotte. Rapport Météo-France DIRRE/ BE-Clim. 36 p.

⁵ *National Oceanographic and Atmospheric Administration*

Caractéristiques générales de Feliksa

La forte dépression tropicale Feliksa a traversé le nord du canal du Mozambique entre le 2 et le 17 février 1985 (Illustration 1).

A Mayotte, les rafales ont atteint 70 nœuds et avec des précipitations abondantes. L'œil est passé au plus proche à 40 km à l'est-sud-est de Mayotte à l'état de tempête tropicale entre le 15 et le 16 février.

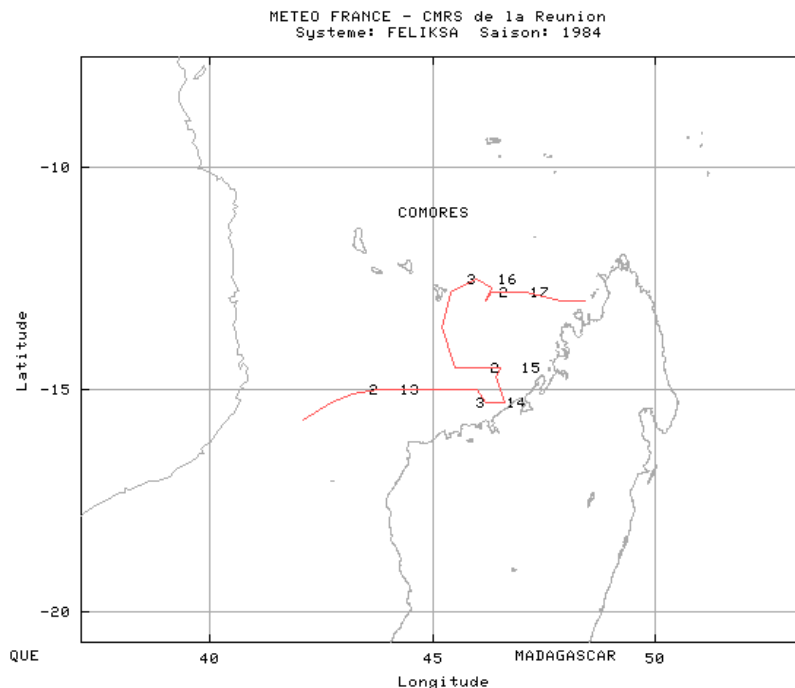


Illustration 1 – Trajectoire de Feliksa du 2 au 17 février 1985 (Météo-France)

Méthodologie et données d'entrée

La méthodologie utilisée pour le forçage du modèle est strictement la même que celle utilisée pour Kamisy. Seul le scénario diffère car pour Feliksa un seul cas (situation « réelle » supposée la plus impactante), a été simulé, alors que pour Kamisy plusieurs directions théoriques de vent/houle ont été simulées.

Selon le rapport Météo-France [4] sur les surcotes cycloniques la date la plus critique pour Mayotte est le 16/02/85 à 00h.

- Le vent enregistré à Dzaoudzi atteint un maximum de 63 nœuds.
- La direction de provenance du vent est alors de 225° (convention nautique), c'est à dire du sud-ouest.

- La pression au centre est de 976 hPa et le rayon de vent maximum est égal à 52 km.
- La position de l'œil (45,4°E/12,8°S) est au plus proche de Mayotte (45°E/13°S) ce qui le place à environ 50 km de l'île qui se situe alors au niveau du rayon de vent maximum.

La méthodologie utilisée est la même que pour le cyclone Kamisy. Au niveau du rayon de vent maximum, on considère que le vent et les vagues vont dans la même direction, c'est-à-dire vers le nord-est.

D'après l'USACE [2], on peut calculer la hauteur des vagues au rayon de vent maximum grâce à la formule :

$$H_s = 0.2 \times (1013 - P_0)$$

où P_0 est la pression au centre du cyclone et H_s est la hauteur significative des vagues au rayon de vent maximum. Avec $P_0 = 976$ hPa, on obtient $H_s = 7,4$ m.

Le passage de Feliksa sur Mayotte est donc simulé pour le 16/02/85 à 00h. Une houle de 7,4 m en provenance du SW est appliquée aux bords sud et ouest de la grille ainsi qu'un vent constant de SW de 63 nœuds sur l'ensemble de la grille de calcul.

D'après le logiciel WXTide version 4.7, la valeur réelle de la marée est de 3,5 m à cette date.

Le calcul est effectué en mode stationnaire.

Résultats de la simulation

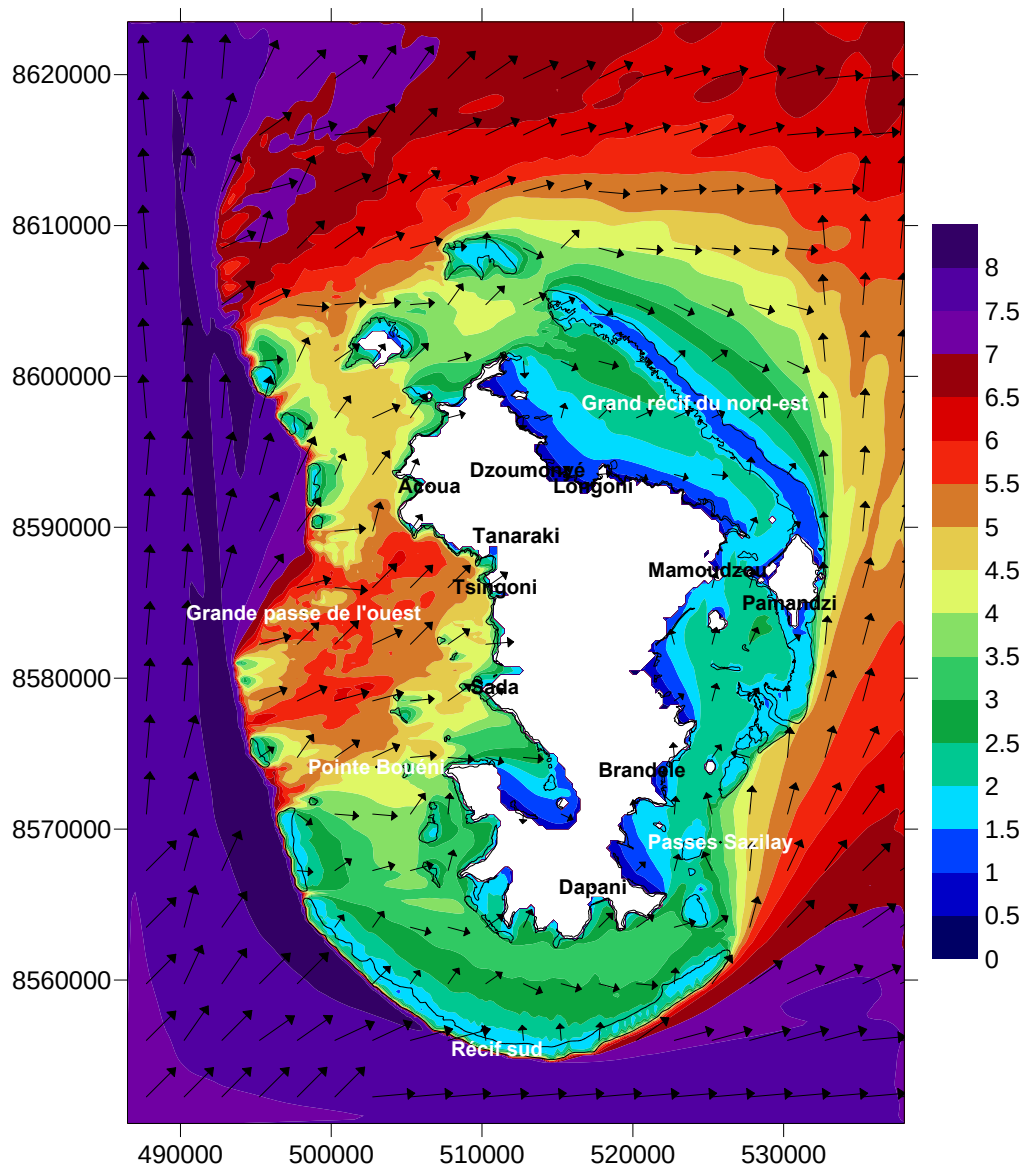


Illustration 2 – Résultat de la simulation de Felixsa le 16/02/85 à 00h : Hauteur (contours colorés) et direction (flèches) des vagues.

Le sud ouest est l'une des directions les plus pénalisantes en termes de hauteur de vagues. Celle-ci augmente jusqu'à 8m sous l'action du vent en arrivant sur la partie sud-ouest du récif où elles déferlent partiellement (cf. Illustration 2). A l'ouest, les vagues pénètrent dans le lagon par la grande passe de l'ouest et atteignent la côte avec un maximum de 6 m au large de Tanaraki. Leur hauteur diminue de plus en plus en direction du sud de la côte ouest protégé par la pointe Bouéni. De 4 m à Sada, elles

passent à 1 m environ dans la baie de Bouéni. Au sud, les vagues restent encore assez importantes avec 3 m de hauteur à la côte. Les parties nord et est du lagon sont relativement protégées : les vagues font de 1 m à 1,5 m de hauteur à la côte.

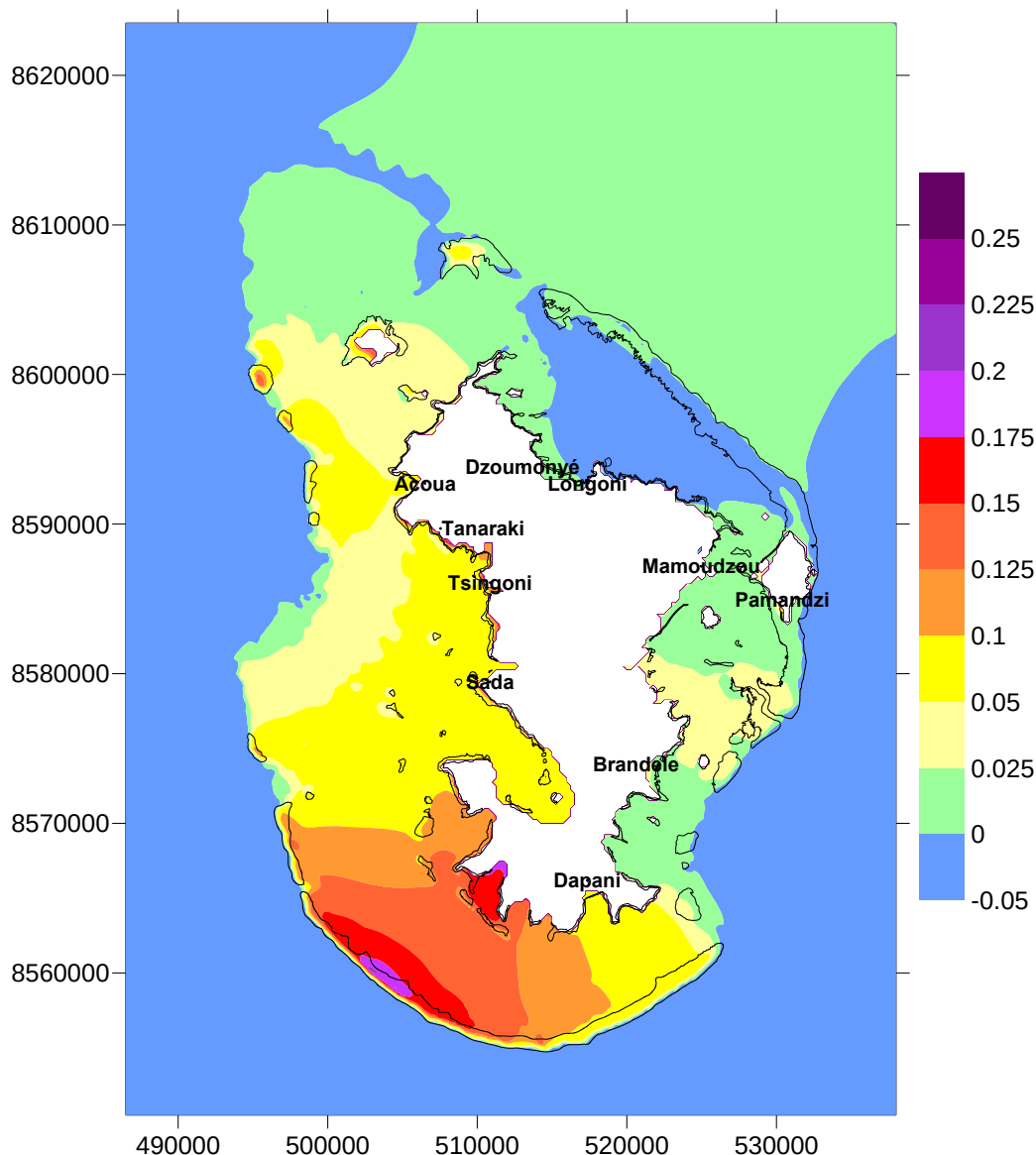


Illustration 3 – Résultat de la simulation de Feliksa le 16/02/85 à 00h : Set-up

Le sud-ouest est en revanche l'une des directions les moins pénalisantes en termes de set-up. Celui-ci reste faible car les vagues se propagent à travers la passe de l'ouest. Il est plus important sur la côte sud car les vagues ont déferlé sur le récif sud : en moyenne à 15 cm, il atteint 20 cm sur le récif même et dans la baie de Kani. La partie est du lagon, à l'opposé de la direction d'arrivée des vagues, ne voit quasiment pas d'élévation du plan d'eau due à leur déferlement. Au nord, on observe même une décote.

6. Note 2008 SAR/MAYOTTE 08



Direction de l'Équipement
de Mayotte

Avis sur le risque d'instabilité des talus du lotissement Trotrondjéou à Pamandzi.

Juin 2008
C. Cluzet, J.-L. Nedellec, C. Mathon

**Note 2008 SAR/MAYOTTE 08
Projet PSP07MAY09 – Appui DE 2007**

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 2007 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite : 29/05/2008	Site : Lotissement Trotrondjéou
Commune : Pamandzi	
Participant(s) : C. Cluzet ; J.-L. Nedellec, C. Mathon	
Objet : Avis sur le risque de mouvement de terrain	
Demandeur : DE/SAUH	
Diffusion : DE/SAUH, DE/SEC/HEA et Antenne BRGM de Mayotte	

Circonstances de l'intervention du BRGM

Par courrier du 28/04/08 reçu le 13/05/08, J.-M. ROY (DE/SAUH) a sollicité le BRGM pour donner un avis sur les risques d'instabilité de talus du lotissement Trontrondjéou (Pamandzi), ainsi que sur les principes de solutions techniques qui seraient de nature à réduire la vulnérabilité des maisons concernés.

En 2004, des travaux de sécurisation de ces talus et des maisons concernés avaient été étudiés et programmés. Ils n'ont finalement pas été réalisés en raison de difficultés administratives, ainsi qu'en en raison des expulsions que nécessitent la réalisation de ces travaux.

Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM

- Plan de situation du lotissement et des talus
- Extrait du projet de réaménagement sur le talus n°2 (étude ETG)
- Identification des constructions sans permis

Observations ressortant des compétences du BRGM

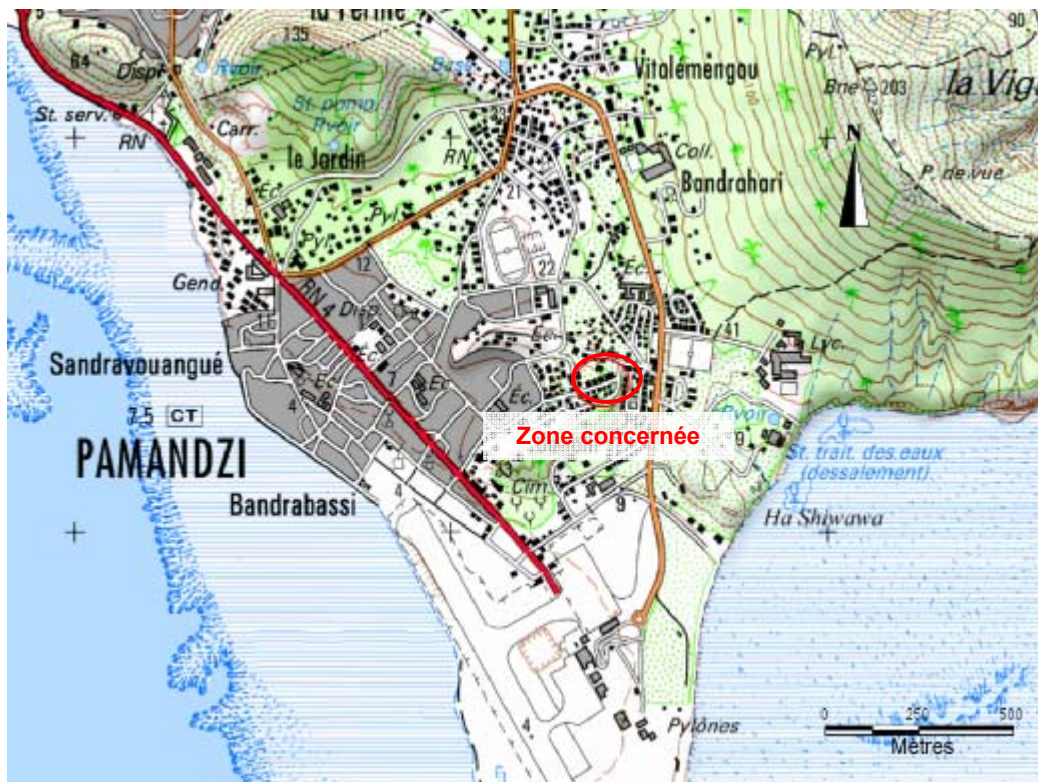
Le lotissement concerné est situé sur la commune de Pamandzi, dans une zone urbaine située à l'Est du centre-ville.

Les talus⁶ sont représentés sur un extrait du Plan de Prévention des Risques de Pamandzi. (cf. page suivante)

D'après la cartographie de l'aléa mouvement de terrain réalisée par le BRGM dans la cadre du PPR de Pamandzi, les niveaux d'intensité de l'aléa sont :

- Le talus 1 est concerné par un aléa moyen et fort « Glissement de terrain accompagnés de chutes de blocs » ;
- Le talus 2 est concerné par un aléa faible de nature indifférenciée.

⁶ La numérotation des talus fait référence à celle utilisée par le BET ETG lors de la réalisation de son étude



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

Une visite de terrain effectuée le 29/05/08 par le BRGM (J.-L. Nedellec, C. Cluzet et C. Mathon) a permis de préciser la nature et l'intensité des risques en présence.

L'ensemble des terrains concernés est constitué de cendres et de ponces trachytiques, plus ou moins bien stratifiées, issues du volcanisme récent de Petite Terre. Il s'agit de matériaux fins pulvérulents, très faiblement consolidés et particulièrement sensibles à l'érosion. Au sein de ces cendres, des pierres et des blocs de taille variable (0.5 à 20 L) sont localement observés.

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

Les terrassements réalisés en pied de talus pour les constructions ou extensions de cases, contribuent à fragiliser la stabilité d'ensemble (diminution de la butée de pied) et augmentent l'exposition des sols à l'érosion. De plus, étant donné la nature des matériaux et leur faible consolidation, il n'est pas exclu que la paroi subisse des effondrements conséquents supérieurs au mètre cube.

Par contre, on note que, par rapport aux talus 2 (cf. ci-après), celui-ci est, en raison de sa verticalité, moins exposé aux ravinements lors des fortes pluies.

Observations relatives au talus 2

Le talus 2 est caractérisé par des hauteurs beaucoup plus faibles : 3 à 6 mètres. La pente moyenne du talus se situe autour de 40°. Étant donné sa faible hauteur, ce talus a été classé en zone d'aléa faible dans la cartographie du PPR.

Cependant, les constructions ou extensions de cases ont donné lieu à des décaissements en pied de talus qui n'ont pas fait l'objet de soutènements. Ainsi, des parois verticales de 1 à 3 m de hauteur sont creusées dans le talus, ce qui contribue à diminuer sa stabilité et augmenter l'exposition au ravinement.

Du fait de la pente moyenne et d'un couvert végétal trop limité, les sols sont exposés à des phénomènes intenses de ravinement et de petits glissements, associés à des éboulements de pierres et/ou de blocs.

Dans ce cas particulier où l'aléa est estimé comme faible dans son environnement initial, l'anthropisation du site a fortement perturbé les conditions de stabilité (construction avec assainissement se rejetant en sommet du talus, décaissement en pied). De plus, l'installation d'habitations précaires à même le talus, sans protection efficace, confère au site un enjeu fort.

Recommandations

S'il n'y a pas de risque imminent grave en l'état actuel des choses, la situation reste préoccupante étant donné la forte exposition et la vulnérabilité des habitations. Des travaux de stabilisation et de sécurisation sont donc à entreprendre dans les mois à venir, et dans tous les cas, de préférence avant la prochaine saison des pluies.

Talus 1

Une parade passive telle qu'un grillage pendu complété par une fosse piège en pied de paroi est bien appropriée (solution technique préconisée par le BET ETG). Il faudra cependant veiller à ce que les ancrages soient profondément réalisés car les matériaux (cendres) sont peu consolidés et très sensible à l'érosion.

Un dispositif de collecte des eaux de pluies en haut du talus permettra de limiter les infiltrations à l'intérieur du talus et le ravinement le long de la paroi. En bas du talus, en plus du grillage pendu, une distance de sécurité de l'ordre de 3 m et la fosse d'arrêt permettront de mettre en sécurité les habitations actuellement trop proches de la paroi.

De plus, il faudra veiller à couper la végétation arbustive en sommet du talus car le développement des racines contribue à déstabiliser les sols en haut de parois. De plus en cas de vent très violent, les arbres pourraient être déracinés emportant avec eux des volumes de sols relativement importants.

Difficultés :

- Destruction partielle éventuelle des cases en pied de paroi pour assurer une distance de sécurité et permettre la création d'une fosse de protection ;
- Entretien du dispositif et surveillance du site.

Talus 2

La solution la mieux adaptée consiste en un reprofilage classique du talus avec création de risbermes tel que projetée par le BET ETG, ce dispositif étant complété par la maîtrise des eaux de surface (canalisations en tête et en pied de talus, descentes d'eau). Cet aménagement permettra d'adoucir la pente moyenne et de limiter le ravinement. Une végétalisation des talus semble également prévue pour améliorer la tenue superficielle des terrains.

Cependant, pour limiter le potentiel d'infiltration et d'écoulement au sein des talus, il serait judicieux d'ajouter un dispositif de collecte au niveau des risbermes (caniveaux ou cunettes).

Difficultés :

- Destruction de cases pour l'accès et la réalisation au chantier ;
- Entretien des caniveaux et du couvert végétal.



Extrémité Sud du talus 1.



Talus 1 - Décaissements effectués en pied de talus (noter les blocs en présence).



Talus 2 – Installation en pied de talus et tentatives de maintien des terres.



Talus 2 – Cases installées en pieds de talus. Un dispositif précaire permet d'arrêter une partie des matériaux déstabilisés (terre, pierres, blocs).



Sommet du talus 2 au niveau duquel sont rejetées les eaux d'un assainissement autonome.



Talus 2 – Sol dénudé de végétation et rigoles creusées par le ravinement.

7. Note 2008 SAR/MAYOTTE 09



Direction de l'Équipement
de Mayotte

Avis sur l'étude de risques pour l'aménagement du lotissement de Vahibe Sud, commune de Mamoudzou.

Juin 2008
C. Cluzet

Note 2008 SAR/MAYOTTE 09
Projet PSP07MAY09 – Appui DE 2007

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



Appui 2007 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite : 05 Juin 2008	Site : Vahibe
Commune : Mamoudzou	
Participant(s) : C. Cluzet	
Objet : Avis sur étude géotechnique de risques	
Demandeur : DE/SEC/HEA	
Diffusion : 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 du lotissement VAHIBE SUD. Elle a sollicité LACQ BTP Services pour la réalisation d'une étude de précision des risques sur l'ensemble de la parcelle concernée par le projet (7000 m²). LACQ BTP rappelle les objectifs de cette étude :

- Préciser la nature et l'intensité des phénomènes à risque de mouvements de terrain (chutes de blocs, éboulements, glissements, fluages, solifluxion, effondrements, coulées de boue) pouvant affecter le projet ou qui pourraient être induits par le projet, ainsi que les conséquences qu'ils pourraient provoquer sur le projet ou sur les avoisinants ;
- Intégrer dans l'étude les aléas érosion et sismique référencés sur la zone ;
- Proposer des principes généraux de construction, ainsi que des solutions techniques de mise en sécurité et d'aménagement, adaptées au projet et à son contexte d'exposition aux risques de mouvements de terrain, tant à long terme qu'en phase de travaux ;
- Présenter des exemples de pré dimensionnement par catégorie d'ouvrage ;
- Elaborer un métré sommaire indicatif des travaux d'aménagement nécessaires à la mise en sécurité du projet et de ses abords.

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.

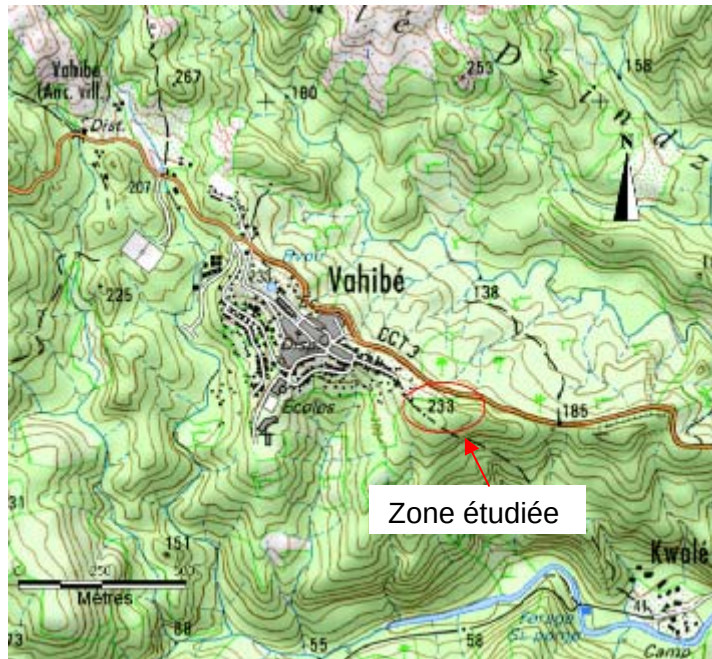
Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM

- Rapport LACQ BTP Services n°07062 A. Version N°2 du 11/04/2008. Rapport d'étude géotechnique. Mission type G11 + G12 partielle au sens de la norme NF P 94-500. 75 pages et 10 annexes.

Observations ressortant des compétences du BRGM

Localisation du site et situation par rapport aux cartes d'aléas

Le projet de lotissement est situé au Sud Est du village de Vahibé. Il est limité au Nord par la route principale CCT3 et s'étend au Sud jusqu'à la ligne de la crête.



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

D'après la cartographie des aléas réalisés par le BRGM dans le cadre des atlas des aléas naturels et des Plans de Prévention des Risques (en cours), le site est concerné par les aléas suivants :

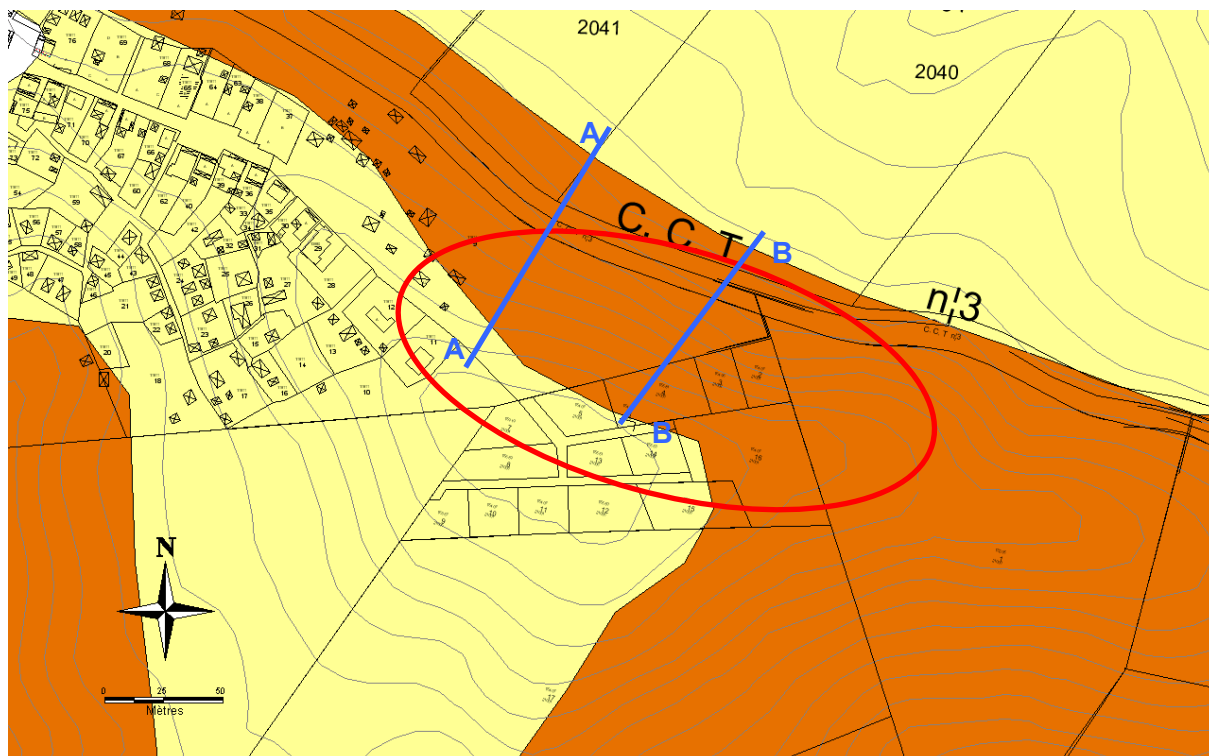
- aléa mouvement de terrain⁷ : zone type G2 et G3, aléas moyen et fort « glissements de terrain accompagnés de chutes de blocs » ;
- aléa inondations¹ : zone d'aléa faible ;
- aléa sismique⁸ : zone où peuvent se produire des effets de site topographiques ;
- aléa érosion² : zone d'aléa faible et moyen ;
- susceptibilité au ruissellement² : zone d'aléa fort.

⁷ Plan de Prévention des Risques, Communes de Mamoudzou. Rapport provisoire.

⁸ Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Mamoudzou, Koungou, Dzaoudzi et Pamandzi. Rapport BRGM/RP-53037-FR (Cartographie à l'échelle 1/25000 en zone rurale et 1/10000 en zone urbaine)

L'étude de LACQ BTP a pris en compte ces définitions dans la première partie de son étude. Des analyses complémentaires relatives aux deux premiers aléas (mouvements de terrain et aléa inondations / hydraulique) sont exposées dans les parties suivantes.

Une visite du site a été effectuée le 05/06/2008 (observations en saison sèche) pour vérifier les éléments de terrain relevés par le BET.



Localisation du site et des deux profils réalisés. Fonds cartographiques : Cadastre et extrait du PPR provisoire de Mamoudzou - Aléa Mouvement de terrain (extrait agrandi).

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

Observations relatives au contenu de l'étude

Partie I et II : Pas d'observation particulière

Partie III

- Les reconnaissances effectuées ont concerné « la parcelle et un grand périmètre en dehors de celle-ci pouvant avoir une incidence sur la réalisation du projet. »

Vis-à-vis d'une étude de faisabilité géotechnique, il convient en effet de distinguer la zone du projet de celle du micro-bassin de risques, définie en matière de mouvements de terrain, comme la zone de terrain ayant une relation directe ou indirecte avec la zone du projet.

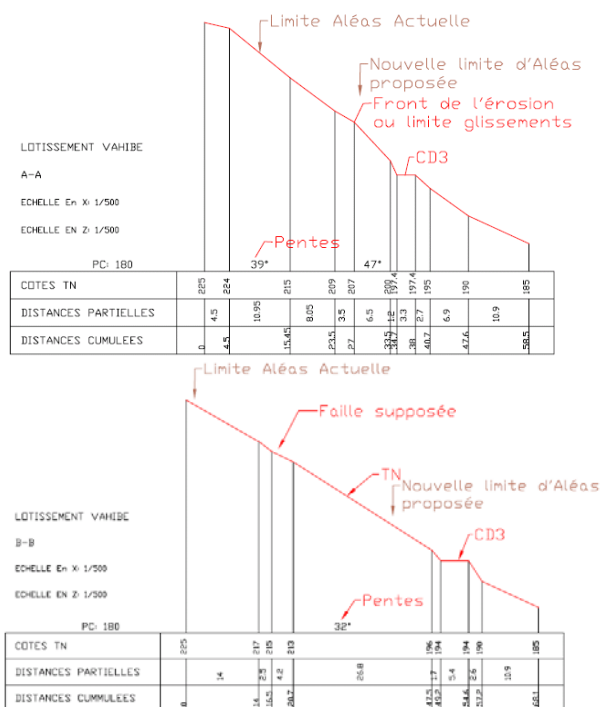
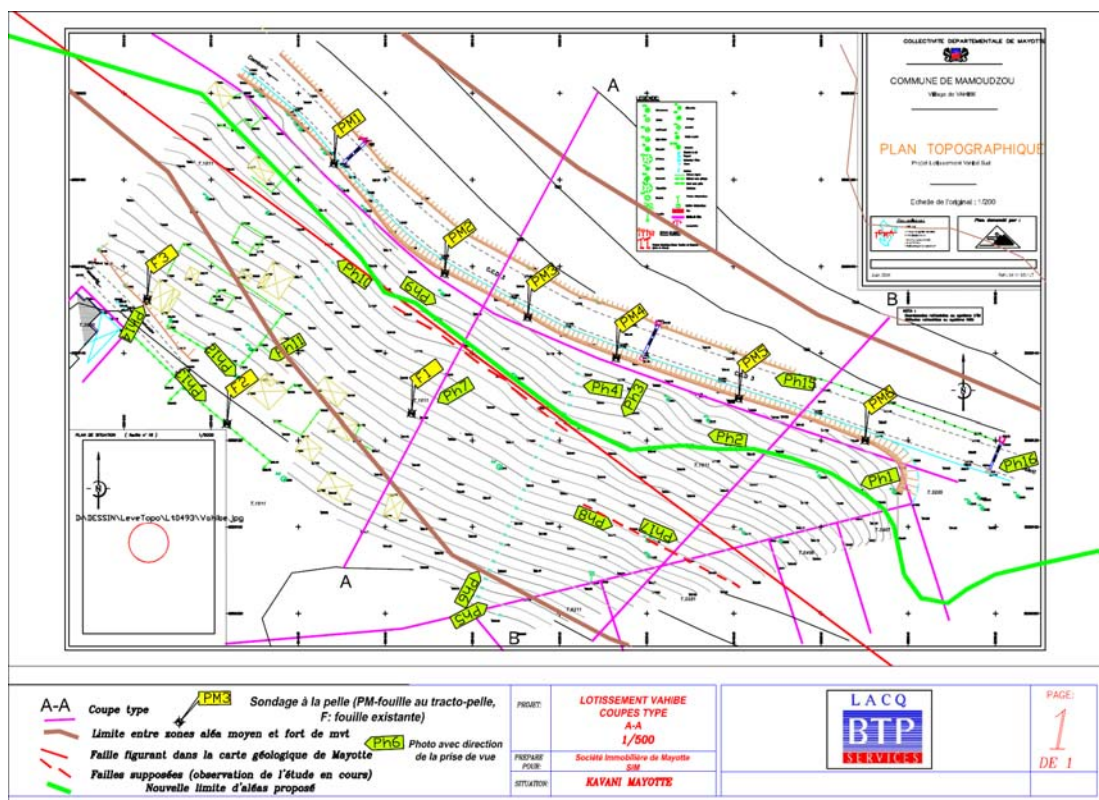
Il conviendrait de reporter sur une carte les limites de ce bassin de risque (« grand périmètre ») pour bien préciser les limites de la zone examinée dans le cadre de l'étude.

- Mis à part les informations données dans la partie *Etude géotechnique*, les levés de terrain ne font pas mention des éléments relatifs à l'hydrogéologie (présence ou absence de nappes ou d'indices d'humidité, etc.).
- Sur l'étude géotechnique

L'approche géotechnique est basée d'une part sur l'exploitation de données de sondages réalisés à la pelle mécanique ; et d'autre part, sur l'analyse des indices d'instabilité identifiés sur le site. Aucun sondage géotechnique ni aucun essai en laboratoire n'ont été réalisés pour préciser les paramètres géomécaniques des sols en présence.

Profils topographiques

Une erreur d'échelle apparaît manifestement sur les annexes 4 et 5 (reportées ci-dessous). Le plan est établi au 1/1000 et non pas au 1/500. Les profils en travers sont ainsi établis avec une échelle deux fois trop petites, ce qui fait apparaître par des pentes trop fortes (de 30 à 45 ° au lieu de l'ordre de 20 à 30°).



Extraits du rapport LACQ BTP Services n°07062 A. Version N°2 du 11/04/2008.
 Plan des sondages (annexe 4) et profils en travers (annexe 5).

Paramètres de sols utilisés

Les modélisations de stabilité sont réalisées en considérant un sol homogène de type « limon argileux compact ». Le contrôle de terrain effectué a montré que les sols en présence étaient effectivement assez homogènes : sol latéritique friable et facilement mobilisable sur les 20 premiers centimètres, puis altérite argileuse relativement compacte.

Les paramètres de sol retenus par le BET sont issus de valeurs obtenues sur des sites similaires de La Réunion : paramètres à long terme : $\phi' = 20^\circ$; $c' = 60$ kPa ; $\gamma = 18$ kN/m³. En l'absence d'essais *in situ*, il conviendrait de s'assurer de la représentativité de ces paramètres vis-à-vis des sols en présence. En particulier, la cohésion semble surestimée pour une altérite évoluée de ce type.

D'autre part, il est considéré l'influence d'une nappe, identifiée dans le versant par un suivi piézométrique et des observations réalisées sur le site. Malheureusement, ces observations ne figurent pas dans les reconnaissances effectuées, ni sur les cartes réalisées.

Modélisations de la stabilité

Les coefficients de sécurité calculés aux ELU pour deux profils distincts donnent des valeurs de 1.43 et 1.65. Sur cette base, le BET considère que le site est stable mais soumis à une fréquence d'occurrence moyenne.

Même si la correction de l'échelle horizontale ira dans le sens d'une meilleure stabilité (pentes moins fortes), il conviendrait de reprendre ces calculs pour intégrer les remarques exposées ci-dessus.

Modification du zonage

Sur la base des modélisations et des levés de terrain effectués, le BET propose un nouveau zonage de l'aléa mouvements de terrain. Sous réserve de travaux de confortement et autres travaux de protection, la limite entre la zone d'aléa fort et la zone d'aléa moyen serait décalée en aval.

La nouvelle limite proposée s'arrête exactement au droit d'un indice d'instabilité (front d'érosion ou loupe de glissement), elle ne tient pas compte des possibilités d'évolution du phénomène. Il convient habituellement de prendre une marge de sécurité pour intégrer la zone amont dans laquelle, par régression du talus, des phénomènes de glissement peuvent se propager.

En dehors de ce point, cette proposition peut être recevable à condition d'une part, que les corrections des modélisations donnent des résultats satisfaisants en termes de stabilité ; et d'autre part, que soient définis explicitement les critères sur lequel le BET se base pour définir cette nouvelle limite. En effet, si le versant doit être considéré

comme stable dans son ensemble, comment justifier de conserver une limite d'aléa fort à mi-pente.

Partie IV

- Aléa hydraulique

Comme l'explique le rapport, l'imperméabilisation de la parcelle aura pour conséquence de réduire le temps de concentration des eaux de ruissellement. L'étude préconise que les eaux soient drainées et évacuées à l'aval de la parcelle.

Pour ne pas augmenter les risques d'inondation en aval du projet, il est impératif de réduire autant que possible les débits sortant en aval de la parcelle. La mise en œuvre d'un dispositif prévu à cet effet est indispensable (ouvrages de dissipation de l'énergie ou d'écrêtage de crues).

- Aléa glissement de terrain

L'étude décrit dans cette partie les risques de formation de coulées de boue. Nous considérons effectivement que ces phénomènes sont étroitement liés au glissement de terrain (ravinement, érosion) et qu'ils doivent être étudiés conjointement.

Les niveaux d'aléas estimés renvoient aux conclusions de l'étude géotechnique : niveaux similaires à ceux du BRGM mais proposition de décalage de la limite moyen / fort.

Le BET indique que les nouvelles limites proposées sont obtenues en tenant compte des ouvrages de protection qui seront réalisés dans le cadre du projet. A ce stade du projet (plan et ouvrages non définis), cette approche ne nous paraît pas recevable, la cartographie des aléas doit être établie sans tenir compte des protections éventuelles qui seront mises en œuvre.

- Aléa chute de blocs

Les observations de terrain n'ayant pas mis en évidence de niveaux rocheux, cet aléa est considéré comme nul. Il peut cependant subsister, au sein des altérites argileuses, des boules résiduelles d'altération. Celles-ci n'ont pas été observées en surface sur le terrain.

- Aléa coulée boueuse

Il est curieux que cet aléa soit traité dans une partie séparée alors qu'il a déjà été étudié dans la partie précédente sur les glissements. Les coulées de boue sont ainsi d'abord intégrées à l'aléa glissement, dont l'intensité est considérée comme moyen à fort ; puis réévaluées séparément à un niveau d'intensité faible.

Le niveau d'aléa est considéré comme faible car « les matériaux limoneux présentent une cohésion correcte ». Cet argument n'est pas suffisant ; la cohésion n'a pas été estimée quantitativement et la valeur retenue pour les modélisations nous semble surévaluée (cf. remarques sur l'étude géotechnique). Quand bien même les altérites sous-jacentes présenteraient une cohésion satisfaisante, les coulées de boue peuvent mobiliser les niveaux superficiels du sol sensibles à l'érosion.

Conclusions

En résumé, l'étude comporte un certain nombre de points à revoir et ne peut être recevable en l'état. Il conviendra dans la mesure du possible de prendre en compte l'ensemble des remarques exposées, notamment :

- Préciser les limites de la zone étudiée (bassin de risques) ;
- Reprendre les profils en travers et calculs de stabilité (erreur d'échelle) ;
- Justifier le choix des valeurs de paramètres géotechniques et s'assurer de leur représentativité ;
- Revoir la position des limites d'aléas en tenant compte des remarques exposées et des nouveaux résultats de calculs ;
- Donner une évaluation claire concernant l'aléa « coulée de boue » en précisant s'il y a lieu les différences avec les aléas de type érosion, ravinement.

8. Note 2008 SAR/MAYOTTE 10



Direction de l'Équipement
de Mayotte

Avis sur l'étude de précisions des aléas pour l'opération M'kiri Ya Maji à Tsingoni.

Juin 2008
C. CLUZET

Note 2008 SAR/MAYOTTE 10
Projet PSP07MAY09 – Appui DE 2007

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



Appui 2007 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite : 05/06/2008	Site : Tsingoni
Commune : Tsingoni	
Participant(s) : C Cluzet (BRGM)	
Objet :	
Demandeur : DE/SEC/HEA	
Diffusion : 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 d'extension de MKIRI YA MAJI à Tsingoni. Elle a sollicité ANTEA pour la réalisation d'une étude de précision des aléas sur l'ensemble du versant concerné par le projet (5.5 ha de superficie). ANTEA rappelle les objectifs de cette étude :

- préciser le zonage d'aléa à l'échelle du projet ;
- s'assurer que le projet n'aggrave pas le risque aux abords de l'aménagement ;
- définir les mesures de protection et de prévention afin de proposer une modification du zonage et de permettre la réalisation du projet.

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

- Rapport ANTEA 49574/A. Février 2008. Opération M'kiri Ya Maji – Tsingoni. Etude de précision des aléas.

Observations ressortant des compétences du BRGM

Localisation du site et situation par rapport aux cartes d'aléas



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

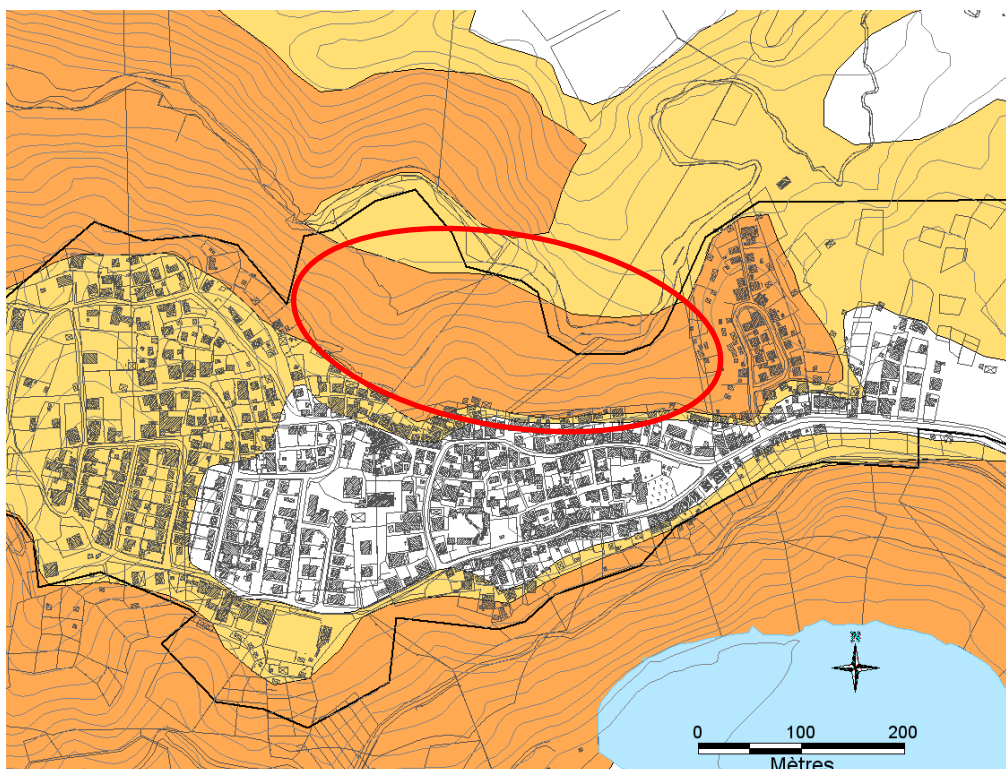
D'après la cartographie des aléas réalisés par le BRGM dans le cadre des atlas des aléas naturels, le site est concerné par les aléas suivants :

- aléa mouvement de terrain⁹ : zone type G2 et G3, aléas moyen et fort « glissements de terrain accompagnés de chutes de blocs » ;
- aléa inondations² : zone d'aléa faible ;
- aléa sismique¹⁰ : zone d'aléa moyen (effets de site lithologiques) ;
- aléa érosion² : zone d'aléa moyen à fort ;
- susceptibilité au ruissellement² : zone d'aléa moyen à fort.

Une visite du site a été effectuée le 05/06/2008 (observations en saison sèche) pour vérifier les éléments de terrain relevés par le BET.

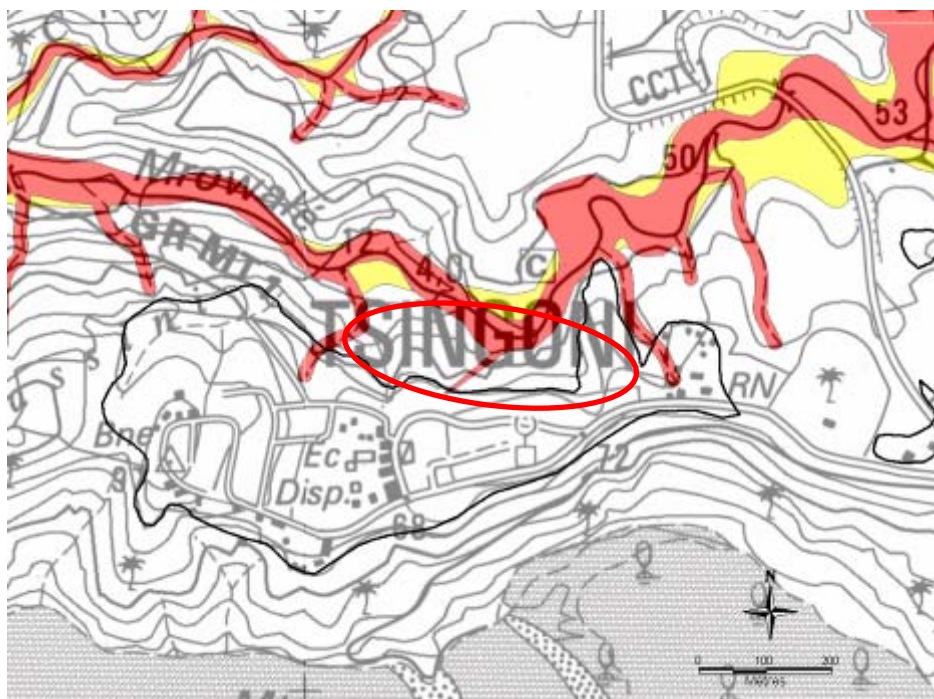
⁹ J.-C. Audru et M. Imbault (2007) : Mise à jour de l'aléa mouvements de terrain pour les atlas des aléas naturels, sur 8 communes de Mayotte. Rapport BRGM/RP-55589-FR, 6 p., 5 figures.

¹⁰ 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, 90 p., 65 figures ou photos, 4 tableaux, 30 cartes et 8 annexes.



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 Tsingoni.

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



Localisation du site vis-à-vis de l'aléa Inondations. Fonds cartographiques : Scan 25 et extrait agrandi de l'atlas des aléas naturels, Communes de Bandraboua et Tsingoni.

LEGENDE : Zones d'aléa Inondations.
Rouge : aléa fort – Jaune : aléa moyen – Blanc : aléa faible à nul.

Observations relatives au contenu de l'étude

Partie 1

Pas d'observations particulières.

Partie 2

Le contexte géologique (Partie 2.2.) est bien décrit. Il met en évidence des ensembles bien distincts. En particulier, à l'Ouest du site, un niveau rocheux constitué par une coulée massive et fracturée, est identifié comme élément générateur de chutes de blocs. Les sols sur le reste du versant seraient constitués par des colluvions (épaisseur de 1.4 à 2.5 m).

La visite de terrain effectuée a permis de préciser ces observations. En particulier, sur la partie Ouest du site, le niveau rocheux identifié en hauteur est effectivement à rattacher à l'intrusion de phonolite caractérisant la pointe de Tsingoni. Ce dôme (ou dôme-coulée) se distingue bien des coulées prismées de fond de ravine bien visibles au niveau de la cascade) mises en place antérieurement (massif Digo).

De part et d'autre du dôme-coulée de phonolite, des colluvions à gros blocs sont localement observés (colluvions de versants en bordure du dôme). Le BET les a identifiées au niveau d'un talus anthropique où les blocs sont exploités artisanalement (cf. photo 1). La visite de terrain a permis de les identifier en d'autres points : en aval du talus anthropique (propagation et charriage des blocs) et de l'autre côté du dôme-coulée (cf. photo 2).

Les aspects hydrauliques (Partie 2.3.) sont traités convenablement. On retiendra les problématiques bien distinctes entre :

- d'une part, la rivière principale caractérisée par un lit rocheux relativement stable (présence d'une cascade), temporairement affectée par des chutes et charriages de blocs en période de crue, et une zone d'épandage de crue en aval ;
- et d'autre part, les affluents alimentés par les rejets d'eaux pluviales du village en amont, affectés par des phénomènes d'érosion intense (cf. Photo 5) et où peuvent se produire des embâcles compte-tenu des nombreux déchets et encombrants qui s'y trouvent.

A noter que le thalweg situé le plus à l'Ouest (en pointillé sur la carte), étant dans la zone des colluvions à gros blocs est de fait peu sujet au ravinement : le lit est constitué d'un amoncellement de blocs charriés lors des crues (cf. photo 3).

L'inventaire des menaces (Partie 2.4.) prend correctement en compte les éléments observés lors des levés de terrain. Cependant, on notera les points suivants :

Aléa inondation

Les aspects relatifs à l'érosion ou ravinement, bien développés en partie 2 (Aspects hydrauliques), ne sont pas repris ici. Les problématiques d'érosion de berges sont classiquement traitées conjointement à l'aléa inondation.

Aléa chutes de blocs

Compte-tenu des observations effectuées, il apparaît que les zones situées de part et d'autre du dôme-coulée sont potentiellement génératrices de chutes de blocs.

Aléa glissement de terrain

Il est globalement bien justifié par la nature des matériaux (colluvions sensibles à l'eau) et la présence de fortes pentes. On regrettera que les indices de glissement signalés (« griffes d'érosion ») n'aient pas été reportés sur la carte des observations.

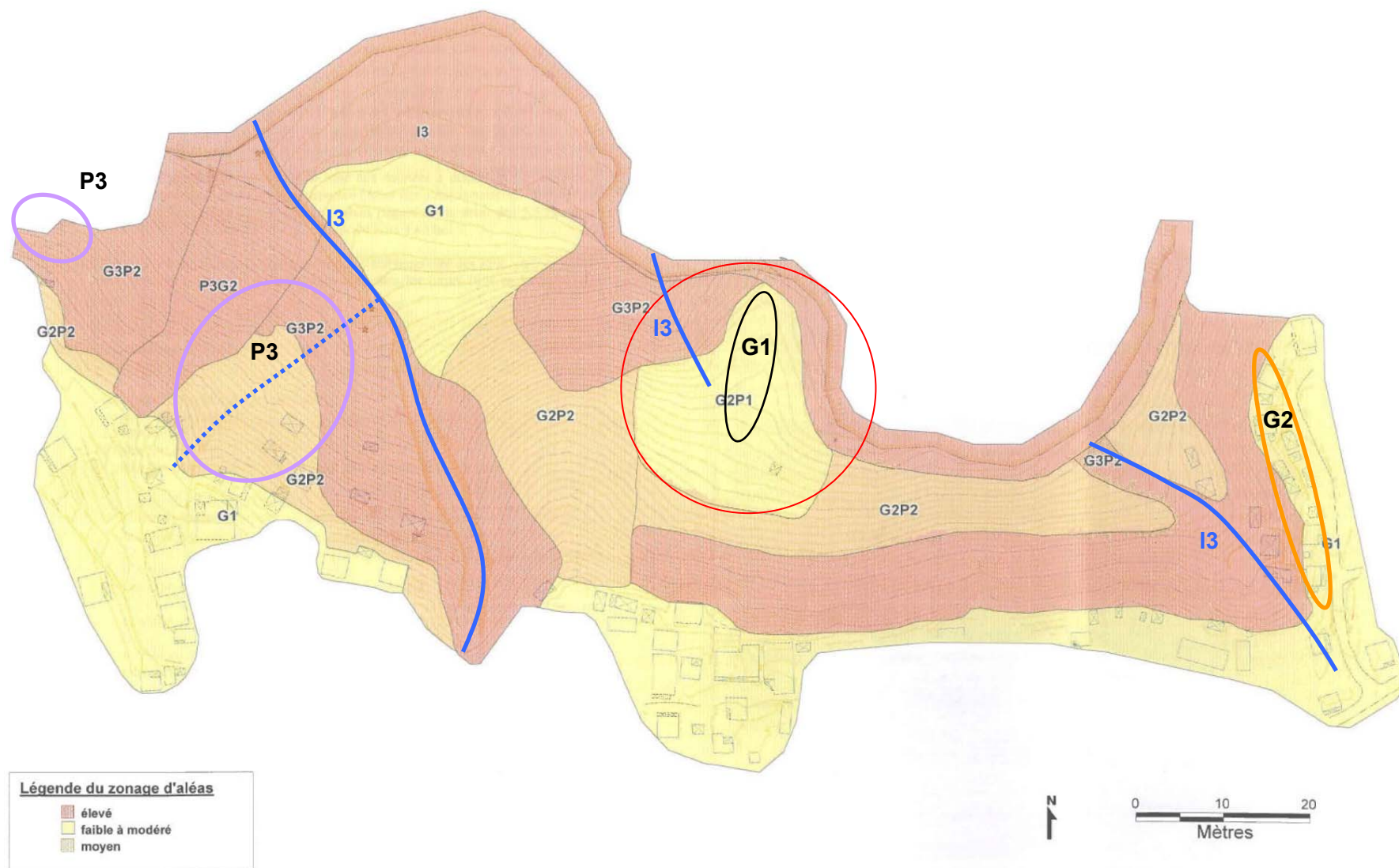
Partie 3

Sur la base de ces observations de terrain, le BET propose un nouveau zonage des aléas plus précis. Ce zonage est acceptable sur le principe, cependant il conviendrait d'apporter quelques précisions :

- La barre d'échelle sur le zonage, ainsi que sur autres cartes fournies, est manifestement fausse ;
- Les colluvions à gros blocs identifiés de part et d'autre du dôme-coulée (cf. cercles violet) peuvent générer des chutes de blocs, un aléa fort P3 devrait à ce titre être représenté ;
- Une zone indicée en G2P1 est considérée comme représentative d'un aléa faible à modéré (cf. cercle rouge). Selon la codification, G2P1 correspondrait à un aléa moyen et non faible à modéré. A l'issue de la visite de terrain, il apparaît que la crête située au cœur de cette zone peut être classée en G1, le reste de la zone peut être classé en aléa moyen G2 ;
- La superposition des aléas « mouvements de terrain » et « inondations » n'est pas toujours idéale en termes de lisibilité. En particulier, une bande d'aléa fort I3 (cf. traits bleus) mériterait d'être figuré au droit des talwegs, affluents temporaires de la rivière principale. Outre les aspects d'inondations, cela permet d'intégrer les problématiques d'érosion de berges ;
- Il conviendrait d'ajouter une bande d'aléa moyen G2 à l'Est de la zone (cf. cercle orange), pour les maisons situées entre le bord de la route et la limite établie G1/G3.

Conclusion

Dans l'ensemble, les observations établies sont satisfaisantes et bien justifiées. L'échelle d'établissement de la cartographie des aléas devra être précisée. De plus, étant donné la précision recherchée et l'utilisation future du nouveau zonage dans le cadre du projet, celui-ci mériterait d'être précisé et/ou corrigée en tenant compte des remarques précédentes.



Proposition de zonage des aléas établi par Antea (Rapport 59974/A)



Photo 1 : Talus anthropique dans colluvions à gros blocs.



Photo 2 : Bloc d'environ 12 m³ situé en haut de versant à l'Ouest du site.



Photo 3 : Alluvions torrentielles dans le lit du talweg situé dans la zone de colluvions.



Photo 4 : Talweg fortement marqué par des phénomènes de ravinement.

9. Note 2008 SAR/MAYOTTE 11



Direction de l'Équipement
de Mayotte

Avis sur un projet d'extension d'une maison à Pamandzi et sur les prestations du Parc de l'Équipement.

Juin 2008
C. Cluzet et J.-L. Nedellec

Note 2008 SAR/MAYOTTE 11
Projet PSP07MAY09 – Appui DE 2007

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 2007 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite : 29/05/2008	Site : Quartier Bahoni
Commune : Pamandzi	
Participant(s) : C. Cluzet	
Objet : Avis sur le risque de mouvement de terrain et projet d'extension d'une maison	
Demandeur : DE/SEC/HEA	
Diffusion : DE/SEC/HEA et Antenne BRGM de Mayotte	

Circonstances de l'intervention du BRGM

S. Gremminger (DE/SEC/HEA) a sollicité le BRGM pour donner un avis sur un projet de régularisation et d'extension d'une maison située en zone d'aléa fort « mouvement de terrain ».

Suite à un refus de PC et sur la base d'une étude géotechnique, le demandeur et propriétaire du terrain a fait une demande de recours gracieux afin de lever l'aléa fort glissement de terrain. La DE/SEC/HEA souhaite, par la même occasion, avoir un avis sur les prestations du Parc de l'Équipement (essais géotechniques) réalisées dans le cadre de ce projet.

Des visites de terrain ont été effectuées par le BRGM le 12/05/2008 (J.-L. Nedellec, C. Cluzet et C. Mathon) et le 11/06/2008 (C. Cluzet).

Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM

- Plan de situation de la parcelle
- Notice de présentation du projet
- Résultats d'essais géotechniques du Parc de l'Équipement
- Demande de recours gracieux suite à refus de PC

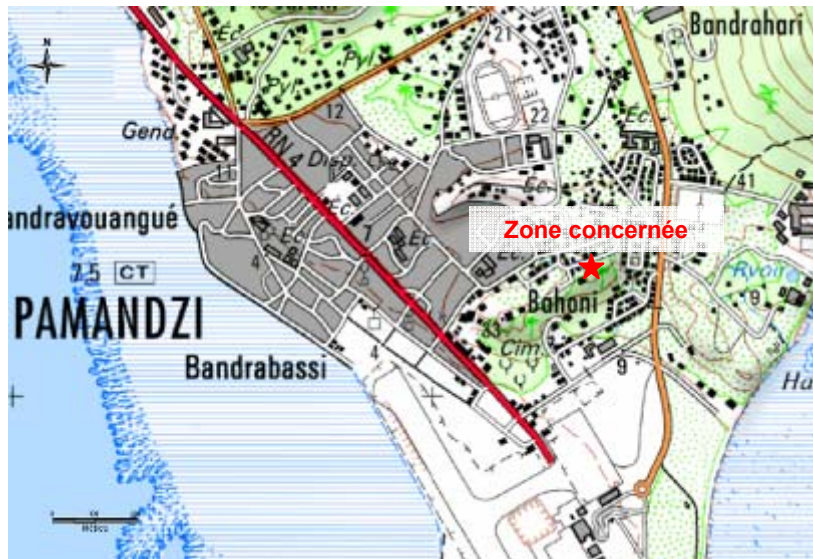
Observations ressortant des compétences du BRGM

La parcelle concernée par le projet d'extension est située sur la commune de Pamandzi, dans le quartier Bahoni.

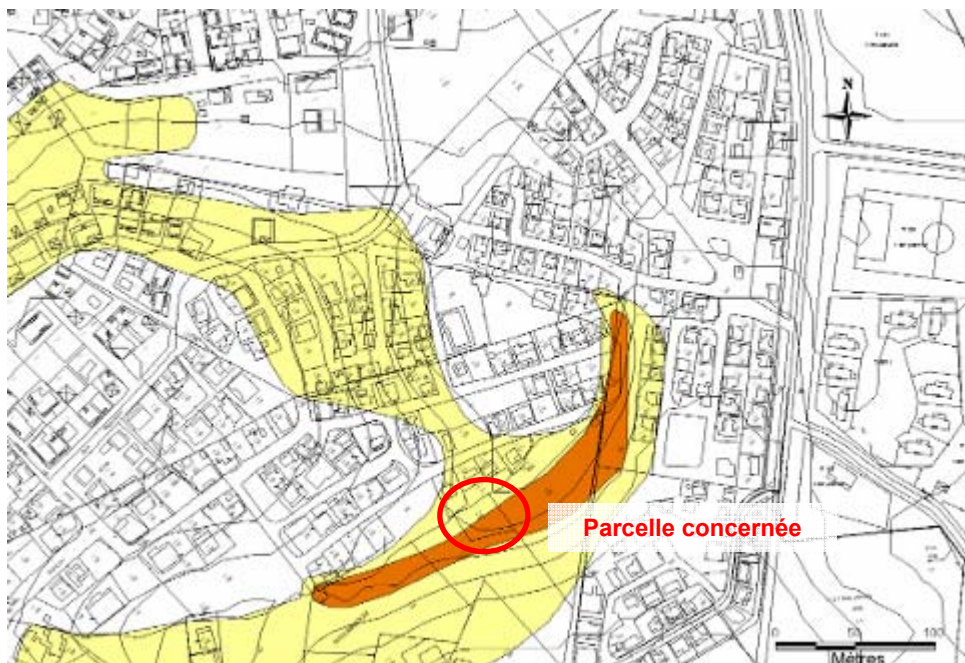
La cartographie de l'aléa « Mouvements de terrain » réalisée par le BRGM dans le cadre du PPR de Pamandzi, fait figurer une bande d'aléa fort dans ce secteur (cf. Extrait PPR page suivante). Ceci est due à la présence d'un talus naturel présentant localement de fortes pentes (30 à 40°, localement plus) ; et d'un talus artificialisé, subvertical, dans la partie Nord.

L'ensemble des terrains concernés est constitué de cendres et de ponces trachytiques, plus ou moins bien stratifiées, issues du volcanisme récent de Petite Terre. Il s'agit de

matériaux fins argilo-sableux, peu consolidés et particulièrement sensibles à l'érosion. Au sein de ces cendres, des pierres et des blocs pluridécimétriques sont localement observés.



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

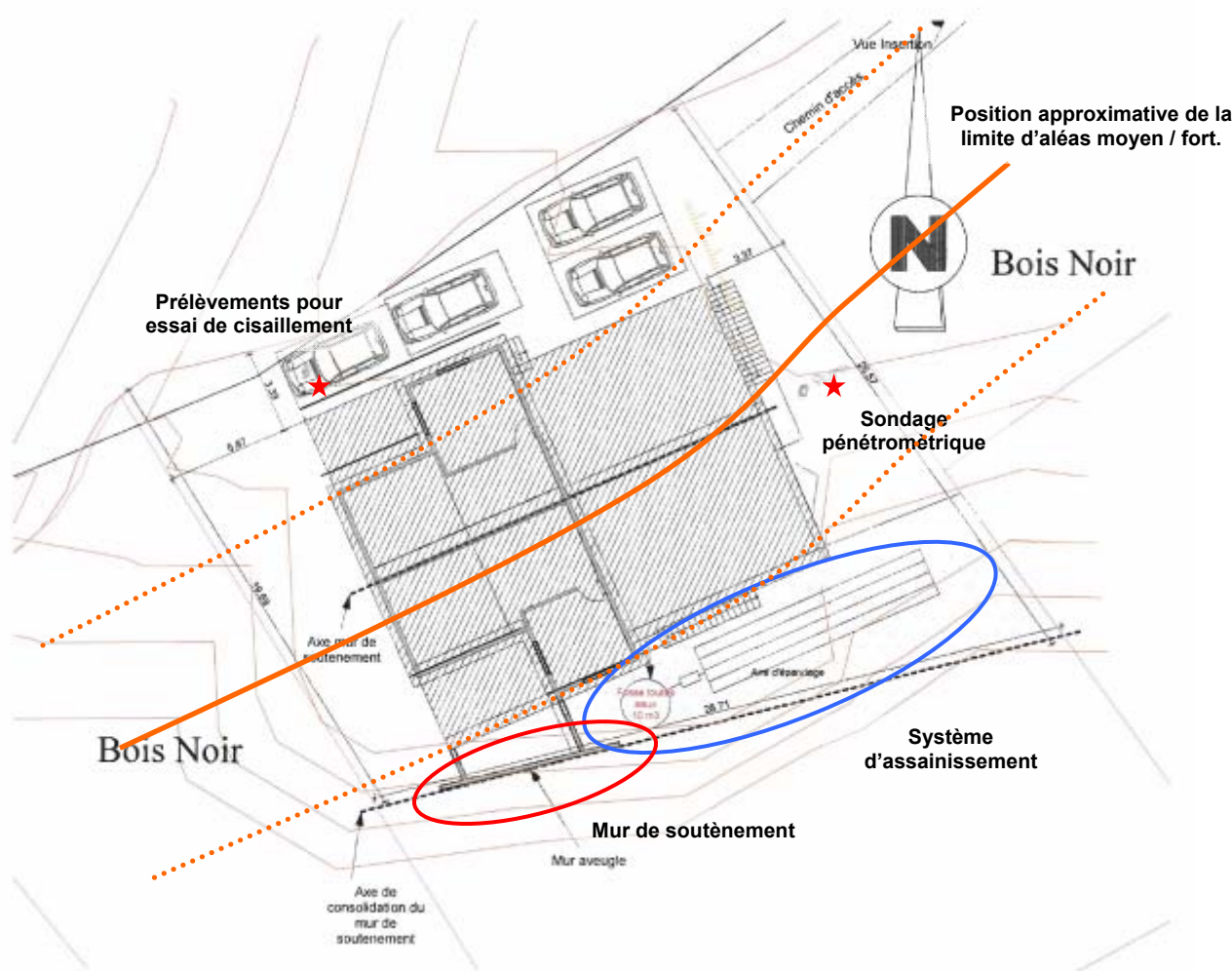


Localisation de la parcelle concernée sur un extrait du PPR provisoire de Pamandzi – Aléa Mouvement de terrain (extrait agrandi de la carte).

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

La parcelle se situe dans la branche Sud-Ouest de la zone d'aléa fort, au sommet du talus naturel (cf. Photos 1 et 2). La présence d'une végétation dense au droit des plus fortes pentes a limité en partie les investigations.

D'après la carte d'aléa actuelle, la parcelle est à cheval sur la limite entre les zones d'aléa moyen et fort « Glissement de terrain accompagnés de chutes de blocs ». Cette limite est reportée sur le plan de masse (cf. ci-dessous). Il faut rappeler que la cartographie établie du zonage de l'aléa « Mouvements de terrain » est établie au 5000^e. L'utilisation de ces cartes à une échelle parcellaire plus grande doit tenir compte d'une marge d'imprécision de l'ordre de 5 m (traits pointillés).



Plan de masse du projet.

- Sur la gestion des EP, la notice de présentation (Nov. 2007) indique :

« Dans l'attente d'un réseau d'évacuation des eaux pluviales, il s'agira d'un libre écoulement des EP sans contre-indication vis-à-vis du POS s'agissant d'une construction à caractère privé. ».

La sécurité vis-à-vis des glissements de terrain éventuels sera améliorée seulement si les eaux de ruissellement (terrain naturel et toitures) sont récoltées et dirigées dans un réseau EP existant en aval de la parcelle.

- Sur l'assainissement, la notice de présentation (Nov. 2007) indique :

« Un système de fosse traditionnelle existe. [...] Une filière complète d'épuration sera constituée d'une fosse toutes eaux et d'un système de traitement annexe (réseau d'épandage ».

Compte-tenu des formations en présence, le rejet des eaux d'assainissement dans les sols peut provoquer l'apparition de surpressions et de chutes localisées de cohésion, voire d'entraînement de fines. Ceci va dans le sens d'une diminution des capacités de portance des sols et donc de la stabilité du talus.

Par conséquent, il serait judicieux de changer l'emplacement du dispositif d'assainissement car il est prévu en limite Sud de la parcelle, juste en amont des plus fortes pentes du talus (cf. Plan de masse et Photos 3 et 4). Le dispositif pourrait être placé côté Est vers le sommet du talus.

- Sur la demande de recours (Avril 2008) pour lever l'aléa fort « Glissement », la lettre du propriétaire indique :

- « la structure du RDC, notamment les fondations reposent sur le bon sol comme cela a été préconisé par l'étude du sol » ;
- « un mur de refend a été réalisé entre le RDC et le sous-sol » ;
- « un autre mur de soutènement fera l'objet d'une consolidation côté sud et un drainage sera réalisé pour une meilleure évacuation et écoulement des eaux de pluie ».

Compte-tenu de la marge d'incertitude sur la limite entre aléas fort et moyen, cette dernière pourrait éventuellement être repositionnée un peu plus au Sud (cf. ligne en pointillés du bas sur le plan de masse). Le corps du bâtiment serait ainsi compris dans la zone d'aléa moyen. Le système d'assainissement, restant dans la zone d'aléa fort, devra être placé à un autre endroit (cf. recommandations précédentes).

Néanmoins, il reste des doutes sur la réalisation des fondations et la stabilité globale du bâti. Il n'y a pas dans la notice, ni dans les annexes (plan et coupe), d'indications sur la profondeur des fondations. De plus, la coupe AA ne fait pas figurer le profil du terrain naturel côté Est et le projet de mur aveugle en aval. Le dimensionnement de ce mur semble être en outre sous-estimé : il conviendrait de le prolonger sur toute la

largeur côté Sud de la parcelle. Il faudra s'assurer enfin qu'il soit correctement dimensionné pour être stable au renversement et au glissement sur sa base, et pourvu d'un dispositif de drainage pour assurer un libre écoulement des eaux. La faisabilité d'un tel projet (assainissement et mur de soutènement) reste à vérifier par un BET ou par l'architecte.

Par ailleurs, la stabilité actuelle du bâti reste également à vérifier avant d'envisager d'éventuelles extensions par surélévation. Plusieurs fissures ont été constatées à l'intérieur et à l'extérieur de la maison (cf. Photos 4-5-6). Des investigations plus poussées sont nécessaires pour savoir s'il s'agit de simples fissures superficielles sans gravité ou si elles révèlent des problèmes de fondations plus importants pouvant mettre en danger la stabilité de l'édifice.

- Sur l'étude géotechnique du Parc de l'Équipement

Il convient tout d'abord de rappeler qu'il s'agit d'une étude de sols ayant pour but de préciser quantitativement les paramètres mécaniques du sol. Une telle étude ne suffit pas toujours à déterminer la qualité des sols vis-à-vis des risques de glissement de terrain. Des calculs spécifiques et des modélisations relevant d'une étude de risques peuvent souvent s'avérer nécessaires.

> Essai *in situ* : Pénétromètre dynamique (type A)

Pas d'observations particulières sur l'essai en lui-même.

Les résultats sont donnés sous la forme d'une courbe de résistance dynamique Q_d (MPa) en fonction de la profondeur (m). Les valeurs de résistance dynamique sont en moyenne comprises entre 5 et 10 MPa. Deux pointes de résistance apparaissent à 1.3 m (25 MPa) et à 2.2 m (15 MPa). Ces valeurs montrent que les matériaux en présence ont une assez forte compacité (> 5 MPa) dès 0.3 m. Il n'y a donc pas de réel problème de portance des fondations.

> Essai en laboratoire : Cisaillement direct à la boîte de Casagrande en conditions à long terme (échantillon consolidé et drainé) à échantillons multiples

Echantillonnage

Le principe de l'essai consiste à soumettre l'échantillon à une contrainte normale donnée fixe (σ'_N), puis à faire augmenter la contrainte de cisaillement jusqu'à la rupture (palier donnant τ'_f). On effectue plusieurs essais (ici 3) à différentes valeurs de contraintes normales (σ'_N).

Cet essai doit théoriquement être réalisé sur des échantillons intacts (prélèvement au carottier) pour mesurer les caractéristiques intrinsèques des formations en place. Il s'avère ici que les échantillons ont été prélevés à la pelle puis retaillés à la forme de la boîte d'essai. Autrement dit, il ne s'agit ni d'échantillons intacts, ni d'échantillons

remaniés puisque la cohésion naturelle liée à la cimentation des cendres n'a pas été « détruite » puis recréer artificiellement.

Ce mode opératoire conduit probablement à minimiser les valeurs des paramètres recherchés (notamment la cohésion), mais il garantit aux résultats un minimum de représentativité puisque les échantillons ne sont pas remaniés. De plus, il est tout à fait adapté de réaliser chacun des essais à partir d'échantillons différents (trois dans le cas présent). En effet, dans la mesure où chaque essai a pour effet de « détruire » cette cohésion, le fait d'utiliser un seul et même échantillon conduirait à minimiser la résistance au cisaillement.

Conditions de l'essai

Les essais sont réalisés à saturation, ce qui correspond rarement aux conditions *in situ* dans ce type de formation, et peut conduire à sous-estimer la cohésion réelle en place dans ces matériaux.

Résultats

Comme les calculs sont faits en contraintes effectives, les paramètres déterminés correspondent à c' et ϕ' . Les résultats graphiques montrent que le 3^e échantillon n'a pas été pris en compte dans le tracé de la droite de régression et l'interprétation des résultats. Une explication quant à cette hétérogénéité pourrait être fournie.

Les valeurs données en résultat ($C = 1.1 \text{ t/m}^2$ et $\Phi = 22^\circ$) sont bien vérifiées graphiquement.

En résumé, l'analyse géotechnique du Parc de l'Équipement est acceptable même si elle comporte des éléments qui conduisent probablement à sous-estimer les valeurs des paramètres recherchés.

Malgré cela, et pour refaire le lien avec le projet étudié précédemment, les résultats des essais de pénétromètre *in situ* et des essais de cisaillement montrent que les matériaux en présence sont plutôt résistants et devraient constituer des terrains de fondation corrects. Leur tenue aux glissements devrait être somme toute relativement correcte pour peu que l'infiltration dans la zone soit maîtrisée, et que les terrassements ne soient pas très raides, ce qui nécessiterait alors un soutènement et un bon drainage. Par contre, il faut rappeler que la particularité de ces cendres réside dans une très médiocre résistance à l'érosion et au ravinement. La présence d'une zone sensiblement plus raide à l'amont de la parcelle de projet justifie le maintien d'un niveau d'aléa fort en limite de parcelle.



Photo 1 - Vue d'ensemble du talus en aval de la parcelle concernée.

Emplacement prévu pour le mur de soutènement.



Photo 2 - Aspect du talus en aval de la maison (pentes de 30°, voire plus).



Vue depuis l'Ouest.

Emplacement prévu le système d'assainissement.

Emplacement prévu pour le mur de soutènement.



Vue depuis l'Est.

Emplacement prévu pour le système d'assainissement.

Photos 3 et 4 - Façade Sud du bâtiment.



Photos 4-5-6 - Fissures constatées sur la maison actuelle.

10. Note 2008 SAR/MAYOTTE 12



Direction de l'Équipement
de Mayotte

Avis sur la délimitation de l'aléa « mouvements de terrain » à Kani Bé, commune de Kani Kéli.

Juillet 2008
C. Cluzet

Note 2008 SAR/MAYOTTE 12
Projet PSP07MAY09 – Appui DE 2007

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 2007 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite : 16/07/2008	Site : Kani Be
Commune : Kani Kéli	
Participant(s) : C. Cluzet	
Objet : Demande de précision quant à la délimitation de l'aléa glissement de terrain	
Demandeur : DE/SEC/HEA	
Diffusion : 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 entre Kani Be et Kani Kéli.

Une visite de terrain a été effectuée par le BRGM le 16/07/2008 (C. Cluzet).

Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM

- Plan de situation de la zone concernée

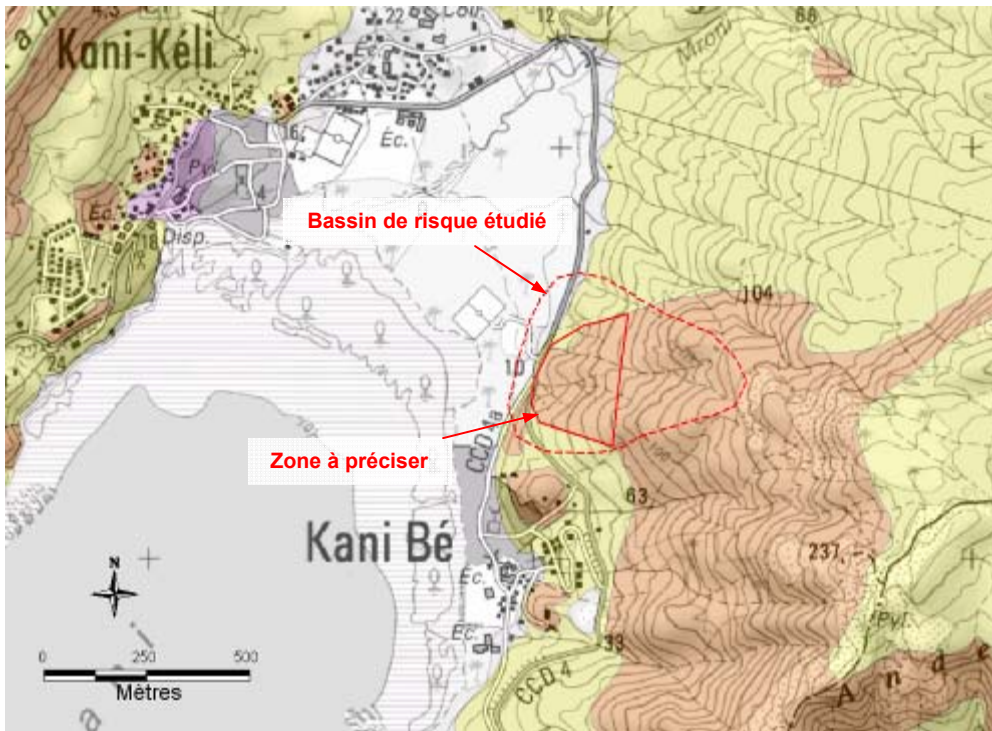
Observations ressortant des compétences du BRGM

La zone d'étude désignée par la DE (environ 5 ha) est située sur la commune de Kani Kéli, en amont de la CCD4 à l'entrée Nord du village de Kani Be.

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 Bouéni et Kani Kéli¹¹, fait figurer dans ce secteur une zone d'aléa fort « glissements de terrain accompagnés de chutes de blocs » type G3P2 (cf. extrait page suivante). La cartographie étant établie au 25000^e sur cette zone, l'utilisation de ces cartes à l'échelle parcellaire doit tenir compte d'une marge d'imprécision de l'ordre de 25 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.

¹¹ Euchet G., Audru J.C., Bouleau E., Desprats J.-F., Djaco E., Jossot O., Nédellec J.-L. et Vigneau A., avec la collaboration de Guillobez S. (Cirad), de Daniel P. et de Haie B. (Météo-France) 2006 – Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Bouéni et Kani Kéli. Rapport BRGM RP-55077-FR.



Localisation de la zone concernée et du zonage de l'aléa « Mouvements de terrain » (fond © IGN Scan25)

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

La zone d'aléa fort (G3) contenue dans le bassin de risque étudié repose sur plusieurs critères.

- Morphologie

La zone est constituée de reliefs (buttes, crêtes) dont les flancs sont caractérisés par des fortes pentes (cf. photos 1-2-3), supérieures à 30°, plus localement 40°. Au sommet de ces reliefs et dans les bas de versants, les pentes sont plus douces (autour de 20°). Ces reliefs sont entrecoupés de ravines temporaires dont les berges sont parfois très encaissées.

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.

On notera en particulier, qu'il existe en dehors des axes de ravines principales, de nombreux thalwegs secondaires, souvent encaissés, non identifiables sans une topographie précise.

- Nature des matériaux

Les matériaux, visibles en sub-surface, sont essentiellement constitués d'altérites évoluées à très évoluées (matrice prépondérante). Localement, le sous-sol peut être constitué d'altérites à roche majoritaire fissurée, altérée en boules (reliques de coulées de lave). Les affleurements visibles le long du talus routier (3 à 5 m de hauteur) mettent bien en évidence ces deux types de matériau (cf. photos 4 et 5).

Par ailleurs, on observe sur le site une présence quasi-généralisée de boules résiduelles saines à la surface du sol, également appelés éluvions (altérites à boules lessivées de leur matrice, cf. photos 6 et 7). La taille de ces blocs varie le plus souvent entre 10 et 500 L. Localement, des blocs plus importants (8-10 m³) sont observés ; un méga-bloc de 50 m³ a également été relevé.

- Facteurs aggravants

Les sols sont largement dénudés de végétation en raison des pratiques agricoles (cf. photos 6 à 12). Celles-ci sont très présentes sur l'emprise de la zone à préciser, moins dans la partie amont même si les défrichements progressent (cf photo 10). 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.

Des zones de padzas, probablement d'origine naturelle, sont également observées en amont du secteur. Là encore, le travail de l'érosion est particulièrement intense (cf. photos 13 et 14) et peut conduire à mobiliser des charges importantes de matériaux lors des fortes pluies.

- Indices d'instabilité

Dans les zones de faible pente, les éluvions sont peu susceptibles d'être mobilisés et ne présentent donc pas de réel danger. Par contre, dans les zones de pente supérieure à 20°, on observe que ces blocs sont peuvent remaniés sous forme de colluvions de versants, ou dans les axes d'écoulement, de colluvions de fonds de ravines (alluvions torrentiels). En effet, dans les axes d'écoulements il est prévisible que des phénomènes de type « coulées de boue » se manifestent en saison pluvieuse, compte-tenu des forts taux d'érosion. Leur énergie serait alors suffisante pour charrier les blocs de plusieurs dizaines, voire centaines de litres, observés en fond de ravines.

Par ailleurs, deux mouvements de terrain (éboulements d'une dizaine de m³) ayant affecté le talus routier ont été recensés, le 28/07/2006, puis le 28/01/2008 suite à la tempête Fame. Ces événements montrent que les matériaux en présence sont très instables dès lors que l'on y effectue des décaissements sans soutènements.

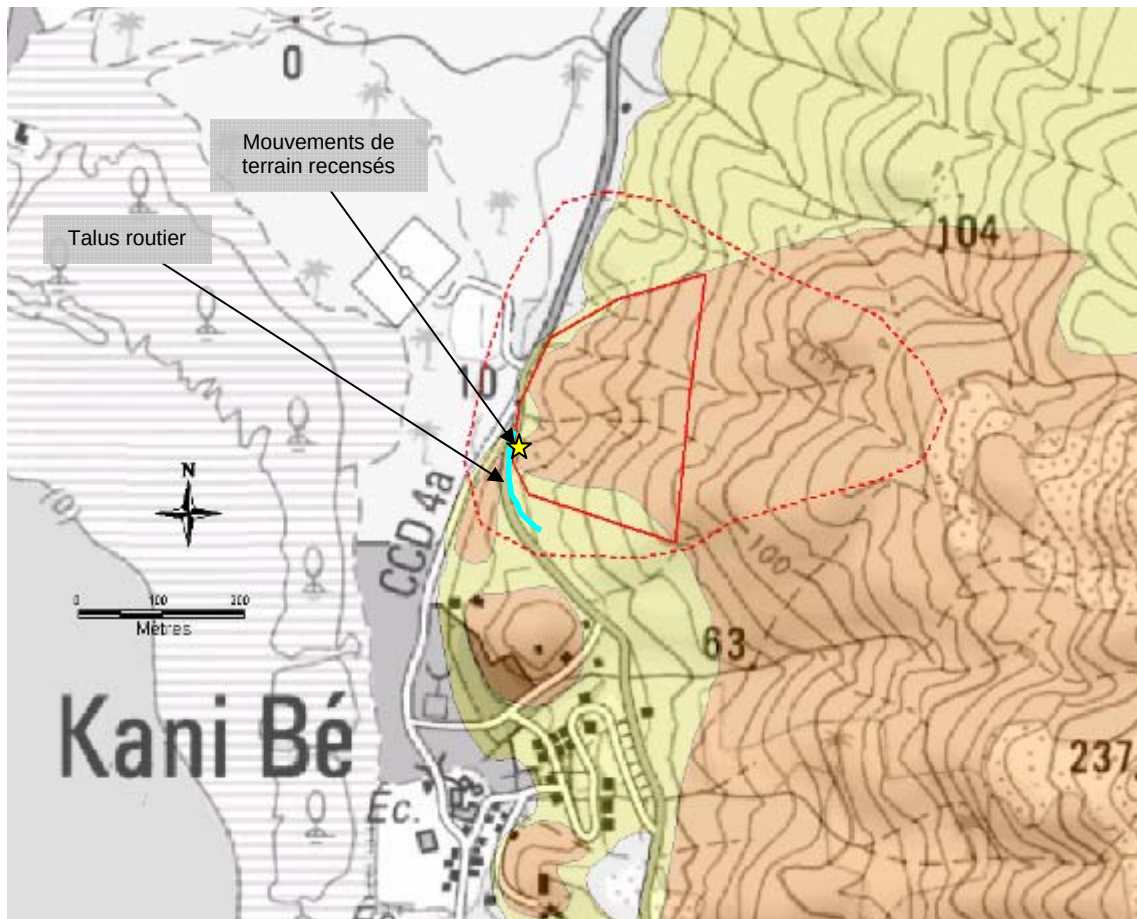
Conclusions

Les observations complémentaires apportées dans le cadre de cet avis amènent à confirmer le zonage établi dans l'atlas des aléas naturels sur les communes de Bouéni et Kani Kéli (RP-55077-FR). Quelques légères modifications des limites ont néanmoins été apportées. En particulier, la limite Sud de l'aléa fort a été repositionnée plus au Nord.

On retiendra notamment les éléments principaux suivants ayant conduit à la qualification en aléa fort:

- Pentes supérieures à 30°, voire 40° localement ;
- Matériaux constitués d'altérites évoluées sur une épaisseur parfois importante 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 (champs cultivés et padzas) ;

- Présence de nombreux blocs (éluvions), allant jusqu'à 50 m³, remobilisés en colluvions dans les fortes pentes et les axes d'écoulements ;
- Risque de coulées de boue compte-tenu des pentes et de l'exposition à l'érosion ;
- Mouvements de terrain recensés au niveau du talus routier.



Zonage de l'aléa « Mouvements de terrain » modifié d'après le présent avis (fond © IGN Scan25)

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



Photo 1



Photo 2



Photo 3



Photo 4



Photo 5



Photo 6



Photos 7



Photo 8



Photo 9



Photo 10



Photo 11



Photo 12



Photo 13



Photo 14

11. Note 2008 SAR/MAYOTTE 13



Direction de l'Équipement
de Mayotte

Avis sur le projet de logements de la Gendarmerie de Sada et précisions de l'aléa « mouvements de terrain ».

Juillet 2008
C. Cluzet

Note 2008 SAR/MAYOTTE 13
Projet PSP07MAY09 – Appui DE 2007

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 2007 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite : 16/07/2008	Site : Gendarmerie RN2
Commune : Sada	
Participant(s) : C. Cluzet	
Objet : Demande d'avis sur le projet de la Gendarmerie et précisions de l'aléa MVT	
Demandeur : DE/SEC/HEA	
Diffusion : 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 un avis sur le projet de construction des logements de la Gendarmerie de Sada ainsi qu'une précision quant à la délimitation de l'aléa « mouvements de terrain ».

Une visite de terrain a été effectuée par le BRGM le 16/07/2008 (C. Cluzet).

Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM

- Plan de localisation et descriptif du projet
- Plan de masse et coupes des bâtiments en projet

Observations ressortant des compétences du BRGM

La zone d'étude désignée par la DE (environ 9000 m²) est située sur la commune de Sada, dans le quartier de la Gendarmerie situé au Nord-Est de la ville. La zone du projet est située en zone littorale, entre la route nationale RN2 et le front de mer.

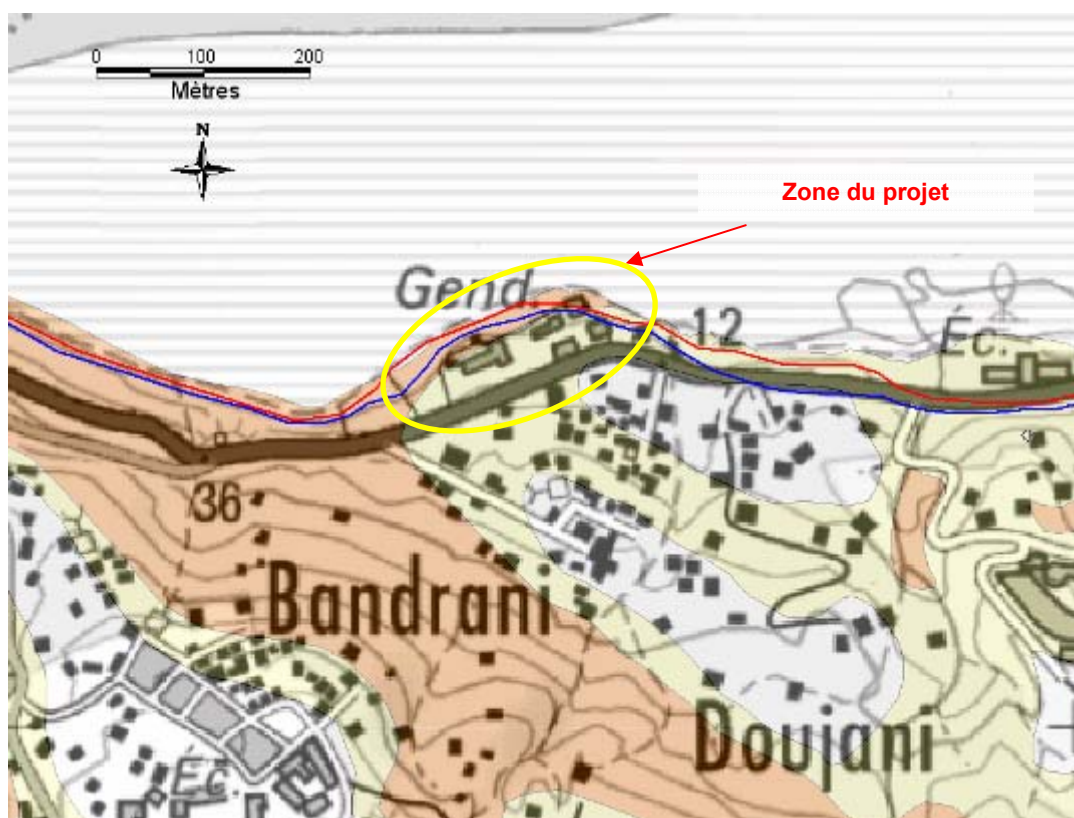
D'après la cartographie des aléas réalisée par le BRGM dans le cadre des atlas des aléas naturels¹² et des Plans de Prévention des Risques¹³ (en cours), le site est concerné par les aléas suivants :

- aléa « Mouvements de terrain », de niveau moyen et fort ;
- aléa « Inondations par submersion marine » de niveau moyen et fort.

La cartographie la plus précise est celle du PPR, établie au 10 000^e dans la zone concernée. L'utilisation de cette carte à toute autre échelle doit tenir compte d'une marge d'imprécision de l'ordre de 10 m.

¹² Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Chiconi, Ouangani, Sada et Chirongui. Rapport BRGM/RP-52662-FR (Cartographie à l'échelle 1/25000 en zone rurale et 1/10000 en zone urbaine)

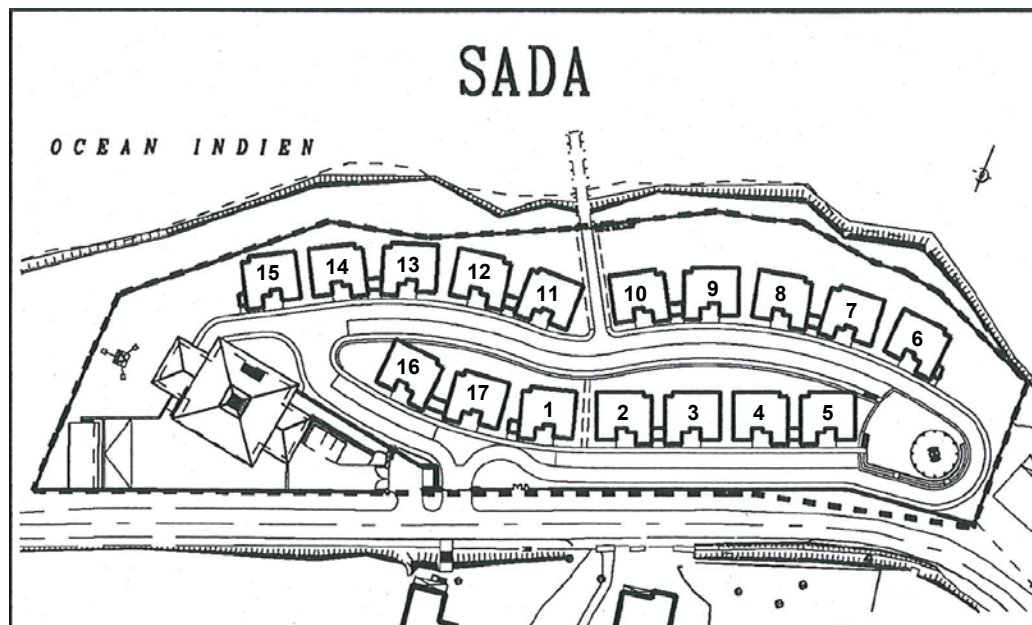
¹³ Plan de Prévention des Risques, Commune de Sada. Rapport provisoire.



Localisation de la zone d'étude et du zonage des aléas naturels (fond © IGN Scan25)

LEGENDE

- Zones d'aléa « glissements de terrain accompagnés de chutes de blocs ».
 - Orange : aléa fort – Jaune : aléa moyen – Blanc : aléa faible à nul.
- Zones d'aléa « inondations par submersion marine ».
 - Trait rouge : aléa fort – Trait bleu : aléa moyen.



Emplacement des bâtiments prévus aux projets d'après le plan de masse (Fazsoi, Service du Génie civil)

Aléa « Mouvements de terrain »

La problématique de l'érosion littorale et des mouvements de terrain qui seraient en lien avec un recul du trait de côte est abordée dans une sous-partie suivante.

D'après la cartographie actuelle (PPR de Sada en cours d'élaboration), le site serait concerné par un aléa fort « glissements de terrain accompagnés de chutes de blocs » au niveau de la frange littorale, et un aléa moyen de même nature sur tout le reste du site.

Les observations complémentaires effectuées dans le cadre de cet avis ont permis de repreciser localement la nature et les niveaux d'aléa par rapport à la qualification issue du zonage PPR.

Dans l'ensemble, le site présente des pentes douces (inférieures à 20°) (cf. photos 1). A l'Ouest, le versant est marqué par des pentes plus fortes (de 20 à 30°) qui s'adoucissent vers l'Est à l'intérieur du site. Les matériaux sont constitués d'altérites moyennement évoluées pouvant présenter quelques blocs épars (10 à 50 L, voire plus). Ces altérites présentent dans l'ensemble une tenue relativement correcte, mais elles peuvent être localement recouvertes de colluvions (cf. emplacements prévus des bâtiments 12 à 15), ou de remblais (cf. emplacements prévus des bâtiments 8 à 10). Ces matériaux remaniés restent somme toute assez superficiels (autour d'1 m d'épaisseur) ; la profondeur d'ancrage des fondations prévues (1.5 m d'après les

coupes) devrait suffire à garantir aux bâtiments une stabilité correcte vis-à-vis des mouvements de terrain éventuels.

Le littoral est marqué par des talus raides ($> 30^\circ$), localement par une petite falaise de 3 à 6 m de hauteur (cf. photo 2), critère ayant justifié de faire figurer les 10 à 15 premiers mètres du littoral en aléa fort sur la carte actuelle. Les observations complémentaires relevées ici nous permettent de réévaluer cet aléa fort établi en première analyse à un niveau moyen. En effet, même si des mouvements de terrain de plusieurs mètres cubes peuvent se produire le long de cette frange littorale, ceux-ci resteront d'ampleur modeste et ne dépasseront pas le cadre parcellaire. De plus, les parades à envisager dans ce cas seront supportables financièrement par le maître d'ouvrage.



Zonage de l'aléa « mouvements de terrain » au droit du projet de lotissement de la Gendarmerie. (En haut : première version du zonage ; en bas : seconde version améliorée)

Erosion littorale

Une analyse sommaire de la morphologie du site montre que la frange littorale est caractérisée par des fortes pentes ($> 30^\circ$) généralement assez bien végétalisées (il conviendra de préserver le mieux possible cette végétation de bord de mer). Les matériaux sont constitués d'altérites moyennement évoluées pouvant présenter une forte érodabilité. Localement, le travail de la houle a façonné des petites falaises de quelques mètres de hauteur (3 à 6 m). Dans les zones où l'érosion marine semble la plus importante, plusieurs indices attestent d'un recul effectif de la côte : arbres déracinés, affouillements, etc. (cf. photos 3-4-5).

Au regard des informations disponibles, la réalisation d'une étude spécifique serait souhaitable afin d'estimer le recul prévisible du trait de côte sur la période de la durée de vie des bâtiments et ainsi évaluer sur le long terme la viabilité des bâtiments de 1^{ère} ligne situés près de la mer (10 à 15 m du trait de côte).

Aléa « Submersion marine »

Cet aléa concerne uniquement les bâtiments de 1^{ère} ligne (6 à 15).

L'atlas des aléas naturels fait état d'une surcote cyclonique à terre de **+3.65 m** NGM pour un **aléa fort** basé sur le cyclone Feliksa de 1985 (probabilité d'occurrence importante).

L'**aléa moyen** basé sur un cyclone exceptionnel (pseudo-Harry) évalue cette surcote à **+5.37 m** NGM avec pour seul changement la valeur de surcote atmosphérique (valeurs de houle et de marée inchangées).

L'étude de modélisation des houles d'origine cyclonique¹⁴ apporte une information complémentaire sur la hauteur de houle possible au droit du site. Pour la tempête tropicale Gloria de 2000 (probabilité d'occurrence importante), la hauteur significative de la houle est d'environ 0.5 m, ce qui minore de 0.4 m les estimations de l'atlas pour l'aléa fort.

En revanche, pour une houle cyclonique extrême (houle de NW pour un cyclone pseudo-Kamisy : probabilité d'occurrence faible), les vagues au droit de la plage

¹⁴ **LECACHEUX S. ; BALOUIN Y. et DE LA TORRE Y. (2007)** – Modélisation des vagues d'origine cyclonique à Mayotte. BRGM/RP-55981-FR, 110 p., 62 fig. Il est à noter que cette étude ne prend pas en compte l'effet de « run-up », c'est-à-dire la pénétration des vagues à l'intérieur des terres sous l'effet du jet de rive.

avoisinent les 3 m, ce qui contribue à majorer la cote de l'atlas en aléa moyen aux alentours de **+7.4 m NGM**.

Tels qu'ils sont prévus au projet, les planchers sur pilotis des bâtiments, garantiront aux parties habitables une mise hors d'eau satisfaisante vis-à-vis de ces submersions marines (cotes au plancher de l'ordre de 10 à 12 m NGM pour les bâtiments 6 à 10 ; et 13 à 15 m pour les bâtiments 11 à 15). Toutefois, les fondations des bâtiments 6, 7 et 8 (cote du TN respectivement à 7.53, 7.81 et 8.14 m), peuvent présenter, en tenant compte des incertitudes, un risque de submersion en cas de conditions cycloniques extrêmes (+7.4 m NGM pour l'aléa moyen). A défaut d'une modification de l'implantation des bâtiments, il sera nécessaire de prendre en compte cet aspect dans la conception du projet (encastrement des fondations, lutte contre les phénomènes érosifs).

Conclusions

Les observations complémentaires apportées dans le cadre de cet avis amènent à repréciser la nature et l'intensité des aléas naturels en présence sur le site. Le zonage de l'aléa « mouvements de terrain » a été révisé en conséquence. Des précisions quant aux risques liés à l'érosion marine et aux submersions cycloniques ont pu être apportées.

En résumé, on retiendra que :

- le site ne présente pas d'aléa fort « mouvements de terrain » ;
- seules les submersions cycloniques liées à des phénomènes d'occurrence faible (aléa moyen) peuvent risquer d'affecter une partie du projet (bâtiments 6-7-8, uniquement les fondations et non les parties habitables) ;
- sur la base des observations de terrain et des éléments de connaissance, l'aléa érosion marine apparaît relativement important dans la partie inférieure du projet. La réalisation d'une étude spécifique permettrait de préciser le niveau d'aléa et la pérennité de la 1^{ère} ligne de bâtiments.



Photo 1 – Vue de la partie Est du site



Photo 2 – Petite falaise littorale constituée d'altérite



Photo 3 – Rampe d'accès à la mer détruite par l'érosion marine



Photo 4 – Racines d'arbres mises à nues par l'érosion marine



Photo 5 – Arbres déchaussés suite au recul de la côte

12. Note 2008 SAR/MAYOTTE 15



Direction de l'Équipement
de Mayotte

Avis sur le zonage de l'aléa « Mouvements de terrain » au droit de deux lotissements à Majikavo Koropa, commune de Koungou.

Août 2008
C. Cluzet

Note 2008 SAR/MAYOTTE 15
Projet PSP07MAY09 – Appui DE 2007

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 2007 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite : 20/08/2008	Site : Majikavo Koropa
Commune : Koungou	
Participant(s) : C. Cluzet	
Objet : Demande de précisions sur le zonage de l'aléa MVT à Majikavo - Koropa	
Demandeur : DE/SEC/HEA	
Diffusion : 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 sur le zonage de l'aléa « Mouvements de terrain » au droit de deux lotissements à Majikavo Koropa (commune de Koungou).

Dans ce cadre, une visite de terrain a été effectuée par le BRGM le 20/08/2008 (C. Cluzet).

Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM

- Plan de localisation des lotissements « SCI Magikoro » et « SCI Côté Lagon »

Observations ressortant des compétences du BRGM

Les lotissements désignés par la DE sont situés sur la commune de Koungou, sur une crête à l'Ouest du village de Majikavo Koropa (cf. Fig. 1 et Fig. 3).

Le 1^{er} lotissement (SCI Magikoro) comporte 17 lots situés sur les versants Sud et Est de la crête. Le 2^e lotissement (SCI Côté Lagon) comporte 3 lots situés dans la même zone, au sommet de la crête.

D'après la cartographie des aléas réalisée par le BRGM dans le cadre des Plans de Prévention des Risques¹⁵ en cours d'élaboration, le site est concerné par un aléa « Mouvements de terrain » de niveau moyen et fort, de type « glissements de terrain dominants accompagnés de chutes de blocs » (cf. Fig. 2).

Il est rappelé que cette cartographie des aléas est établie au 5000^e dans la zone concernée. L'utilisation de cette carte à toute autre échelle, en particulier dans l'instruction des permis de construire, doit tenir compte d'une marge d'incertitude de l'ordre de 5 m.

¹⁵ Plan de Prévention des Risques, Commune de Koungou. Rapport provisoire.



Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (fond : © IGN Scan25)

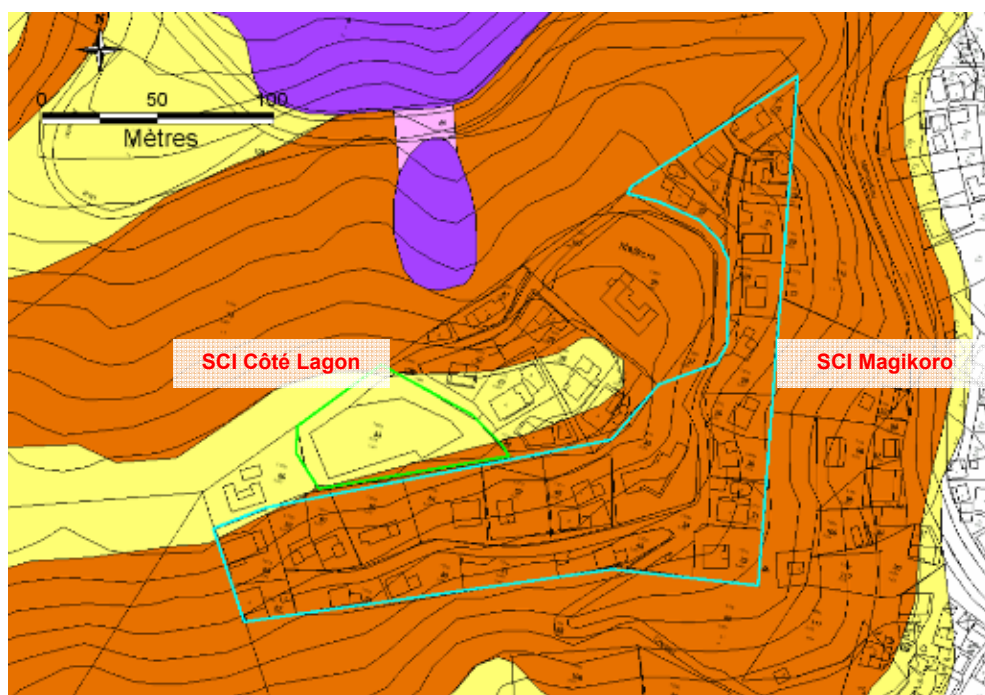


Figure 2 : Zonage relatif à l'aléa « Mouvements de terrain » issu du PPR (version initial du zonage) (contour bleu : SCI Magikoro, contour vert : SCI Côté Lagon)

LEGENDE

- Zones d'aléa « glissements de terrain dominants accompagnés de chutes de blocs »
Orange : aléa fort – Jaune : aléa moyen – Blanc : aléa faible à nul
- Zones d'aléa « chutes de blocs dominantes accompagnées de glissements »
Violet : aléa fort – Rose : aléa moyen – Blanc : aléa faible à nul



Figure 3 : Vue générale du village Majikavo Koropa et des lotissements en amont

La cartographie des aléas naturels réalisée dans le cadre des PPR est en cours de révision suite à des récentes mises au point relatives à la méthodologie de qualification des aléas et d'élaboration des cartes.

Des visites de terrain ont été effectuées dans le cadre de cette révision, et plus précisément sur le site en question dans le cadre de cet avis. Elles ont permis de préciser la nature des aléas en présence et d'affiner leurs zones d'extension (cf. Fig. 4).

Globalement, la morphologie du site a été fortement modifiée par les différents travaux réalisés : talus et reprofilage du terrain naturel au droit des habitations et des voies de desserte au sein des lotissements ; création de gradins sur le versant Est en amont de la route RN1.

Ainsi, dans la partie Sud, où le lotissement SCI Magikoro est construit à flanc de versant, l'aléa « mouvements de terrain » est estimé à un niveau moyen au droit de la route et à proximité même, au sein des parcelles dans les plus éloignées des escarpements amont ou aval. Ailleurs, l'aléa fort est conservé.

Dans la partie Est, l'aléa fort est conservé en aval des habitations ; elle intègre à l'intérieur des lots, une bande de sécurité d'une dizaine de mètre depuis la rupture de pente, de façon notamment à intégrer de possibles phénomènes d'érosion régressive en cas d'instabilités.

Sur le sommet de crête (zone où se situe le lotissement SCI Côté Lagon), les pentes sont faibles voire quasi-nulles au droit des habitations. L'aléa est donc estimé à un niveau faible à nul sur la branche W-E. puis moyen sur la branche SW-NE où les pentes s'accroissent.

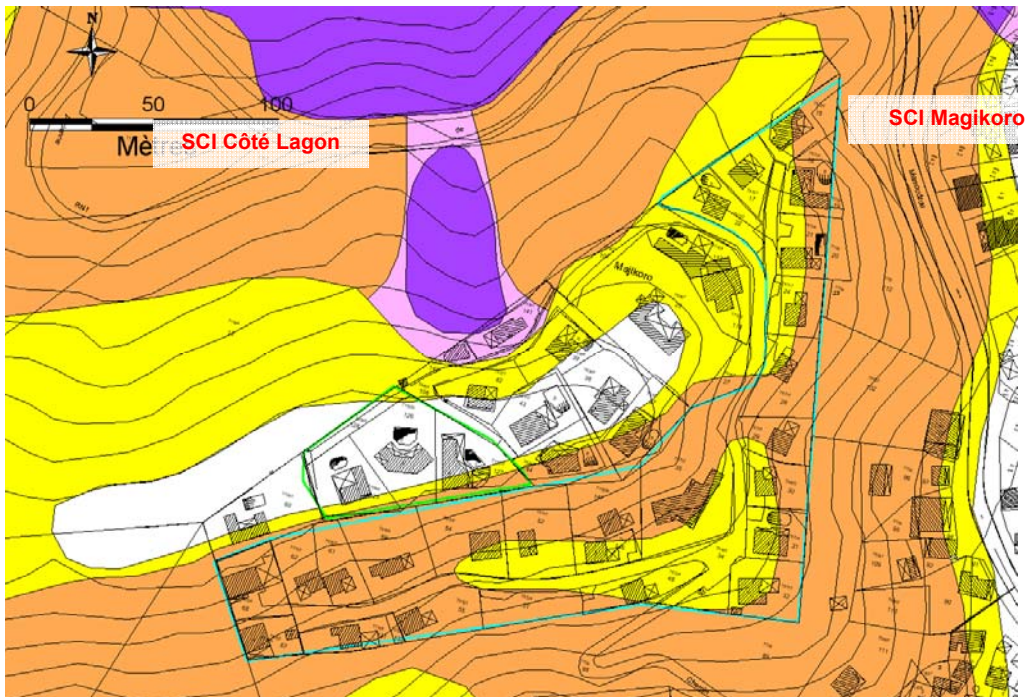


Figure 4 : Version révisée du zonage de l'aléa « Mouvements de terrain »

LEGENDE

- Zones d'aléa « glissements de terrain dominants accompagnés de chutes de blocs »
Orange : aléa fort – Jaune : aléa moyen – Blanc : aléa faible à nul
- Zones d'aléa « chutes de blocs dominantes accompagnées de glissements »
Violet : aléa fort – Rose : aléa moyen – Blanc : aléa faible à nul

Conclusions

Les observations complémentaires apportées dans le cadre de cet avis amènent à préciser la nature et l'intensité des aléas naturels en présence sur le site. Le zonage de l'aléa « mouvements de terrain » a été révisé en conséquence.

En résumé, on retiendra que la morphologie générale du site (fortes pentes sur les versants et sommet de crête aplani) implique :

- de conserver un aléa fort dans les zones, et à proximité même, d'escarpements importants ;
- de considérer la crête en aléa moyen, voire faible.

Par ailleurs, tenant compte des aménagements récents qui ont, localement, fortement modifié la topographie, l'aléa fort donné en première estimation a pu être déclassé en partie en aléa moyen (cf. parties Sud et Nord).

13. Note 2008 SAR/MAYOTTE 16



Direction de l'Équipement
de Mayotte

Avis sur la nouvelle version de l'étude de risques pour l'aménagement du lotissement de Vahibe Sud, commune de Mamoudzou.

Septembre 2008
C. Cluzet

Note 2008 SAR/MAYOTTE 16
Projet PSP07MAY09 – Appui DE 2007

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 2007 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite :	Site : Vahibe Sud
Commune : Mamoudzou	
Participant(s) : C. Cluzet	
Objet : Demande d'avis suite à corrections sur étude géotechnique de risques	
Demandeur : DE/SEC/HEA	
Diffusion : DE/SEC/HEA et Antenne BRGM de Mayotte	

Circonstances de l'intervention du BRGM

Le 30/04/2008, S. Gremminger (DE/SEC/HEA) a sollicité le BRGM pour avoir un avis sur une étude géotechnique de risques réalisée par le bureau d'études Lacq BTP pour l'aménagement du lotissement de Vahibe Sud.

- Référence du dossier étudié : Rapport LACQ BTP Services n°07062 A. Version N°2 du 11/04/2008. Rapport d'étude géotechnique. Mission type G11 + G12 partielle au sens de la norme NF P 94-500. 75 pages et 10 annexes.

Suite à l'avis rendu par le BRGM (Réf. Note 2008 SAR/MAYOTTE 09), des corrections ont été apportées à l'étude. Le 28/08/2008, S. Gremminger a de nouveau sollicité le BRGM pour donner un avis sur cette nouvelle version.

Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM

- Référence du dossier étudié : Rapport LACQ BTP Services n°07062 A. Version N°3 du 25/08/2008. Rapport d'étude géotechnique. Mission type G11 + G12 partielle au sens de la norme NF P 94-500. 75 pages et 10 annexes.

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.

Les conclusions du premier avis ont soulevé un certain nombre de points à revoir dans la version initiale de l'étude, notamment :

- Préciser les limites de la zone étudiée (bassin de risques) ;
- Reprendre les profils en travers et calculs de stabilité (erreur d'échelle) ;
- Justifier le choix des valeurs de paramètres géotechniques et s'assurer de leur représentativité ;
- Revoir la position des limites d'aléas en tenant compte des remarques exposées et des nouveaux résultats de calculs ;

- Donner une évaluation claire concernant l'aléa « coulée de boue » en précisant s'il y a lieu les différences avec les aléas de type érosion, ravinement.

Le périmètre du micro-bassin de risques retenu pour l'étude est satisfaisant.

Concernant l'hydrogéologie, aucune nappe ni venue d'eau n'ont été détectées lors de la reconnaissance sur le site. Cependant, comme l'indique le BET, ce paramètre ne doit pas pour autant être occulté car 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).

Profils et modélisations de la stabilité

Les profils en travers (annexe 5) ont été correctement repris pour corriger l'erreur d'échelle de la version initiale. Par contre, l'échelle affichée sur le plan (annexe 4) est toujours incorrecte (1/1000 et non 1/500), mais cela n'a pas d'influence sur les résultats de l'étude.

Les modélisations (Talren) de la stabilité du versant ont été refaites en se basant sur les nouveaux profils en travers corrigés. Les paramètres géomécaniques retenues pour caractériser les formations en présence (altérites) sont les suivants : $\Gamma = 18 \text{ kN/m}^3$; $\Phi' = 20^\circ$; $C' = 60 \text{ kPa}$ ¹⁶.

Nous rappelons que les formations en présence n'ont pas fait l'objet d'investigations complémentaires (essais géotechniques *in situ* ou en laboratoire après prélèvements), ce qui auraient permis une meilleure caractérisation en termes de lithologie, d'épaisseur et de caractéristiques mécaniques.

Pour parer à ces incertitudes, le BET adopte une approche sécuritaire pour réaliser les calculs de stabilité :

- la cohésion retenue pour les calculs est de 20 kPa au lieu de 60, ce qui est proche des valeurs classiquement utilisées dans les études géotechniques pour ce type de matériau à Mayotte ;
- aucun substratum résistant n'est considéré, ce qui permet d'envisager d'importantes puissances d'altérite ;
- une nappe d'eau est intégrée dans la modélisation.

¹⁶ Nous avons signalé dans le premier avis que cette valeur de cohésion semble surestimée pour des formations de type altérites peu consolidées.

Les résultats aux ELS donnent des valeurs de 1.47 et 1.52, ce qui signifie que le versant présente en l'état actuel, une stabilité satisfaisante.

Evaluation de l'aléa

La caractérisation du niveau d'aléa est faite en évaluant puis en croisant la probabilité d'occurrence et l'intensité du phénomène.

- Une probabilité d'occurrence moyenne est retenue. Elle est directement interprétée à partir des valeurs des facteurs de sécurité, ce qui est une démarche recevable.
- L'intensité est quant à elle déterminée par une approche de type socio-économique (démarche correcte cf. Guide PPR MVT). Le coût des mesures de protection à mettre en œuvre est estimé financièrement supportable par un groupe restreint de propriétaire, l'intensité de l'aléa correspondante serait donc un niveau moyen. Le BET conclut cependant que l'intensité est forte à moyenne.

Compte-tenu des résultats des modélisations et de la qualification de l'aléa qui en découle, le BET devrait logiquement conclure à un niveau d'aléa moyen sur l'ensemble du site, ce qui n'est pas le cas. En effet, le BET conclut que l'étude confirme les niveaux d'aléa du BRGM (niveaux moyen à fort) et propose une nouvelle position pour la limite moyen/fort.

Zonage aléa

Le nouveau zonage proposé n'a pas fait l'objet de modifications par rapport à la première version de l'étude. Pourtant, un des points à revoir consistait à intégrer dans la zone d'aléa fort, le front d'érosion et une bande de sécurité en amont dans laquelle des événements peuvent se propager par régression du talus. (NB : on note cependant que cette remarque a été prise en compte sur le profil en travers A-A).

Conclusions

Le BET ayant une obligation de moyens, le fait de réaliser cette étude G11/G12 sans investigations géotechniques quantitatives est de sa responsabilité. Nous indiquons simplement dans cette note que les paramètres (dont la cohésion à 20 kPa) retenus pour faire les modélisations de stabilité sont plutôt cohérents au regard des formations de type altérites présentes sur le site.

Le zonage proposé qui découle de la qualification de l'aléa (niveau moyen) devrait logiquement conduire à déclasser tout le versant en aléa moyen, et ne pas conserver d'aléa fort à mi-pente. Cependant, on peut l'accepter en l'état pour le moment puisque

la mise en œuvre du projet (travaux de protection) ira dans le sens d'une amélioration de la stabilité du versant et donc d'un déclassement, ce qui aboutira *in fine* au même zonage (ensemble du versant en aléa moyen).

La démarche générale reste somme toute satisfaisante. Sur la base des résultats de cette étude et d'une mise en œuvre dans les règles de l'art des travaux préconisés, le projet peut être autorisé.

14. Note 2008 SAR/MAYOTTE 18



Direction de l'Équipement
de Mayotte

Avis sur la nouvelle version de l'étude des aléas pour l'opération M'kiri Ya Maji, commune de Tsingoni.

Septembre 2008
C. Cluzet

Note 2008 SAR/MAYOTTE 18
Projet PSP07MAY09 – Appui DE 2007

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 2007 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite :	Site : Tsingoni
Commune : Tsingoni	
Participant(s) : C. Cluzet	
Objet : Demande d'avis suite aux corrections d'une étude de précision des aléas	
Demandeur : DE/SEC/HEA	
Diffusion : DE/SEC/HEA et Antenne BRGM de Mayotte	

Circonstances de l'intervention du BRGM

Le 30/04/2008, S. Gremminger (DE/SEC/HEA) a sollicité le BRGM pour avoir un avis sur une étude de précisions des aléas naturels réalisée par le bureau d'études ANTEA dans le cadre d'une opération d'aménagement à Tsingoni.

- Référence du dossier étudié : Rapport ANTEA 49574/A. Février 2008. Opération M'kiri Ya Maji – Tsingoni. Etude de précision des aléas.

Suite à l'avis rendu par le BRGM (Réf. Note 2008 SAR/MAYOTTE 10), des corrections ont été apportées à l'étude. Le 17/09/2008, S. Gremminger a de nouveau sollicité le BRGM pour donner un avis sur cette nouvelle version.

Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM

- Référence du dossier étudié : Rapport ANTEA 49574/B. Août 2008. Opération M'kiri Ya Maji – Tsingoni. Etude de précision des aléas.

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 première version du rapport concluait à une étude globalement satisfaisante malgré quelques points à préciser :

- Point 1 : Apporter des éléments de précision concernant la problématique de l'érosion de berges affectant les affluents du cours d'eau principale ;

Ce point est convenablement traité dans le paragraphe relatif à l'aléa inondation (cf. Partie 2.4. Inventaire des menaces).

- Point 2 : Préciser les zones potentiellement génératrices de chutes de blocs, suite aux observations effectuées par le BRGM (blocs et colluvions observées de part et d'autre du dôme-coulée).

Ce point est convenablement traité dans le paragraphe relatif à l'aléa chutes de blocs (cf. Partie 2.4. Inventaire des menaces).

- Point 3 : Corriger la proposition de zonage des aléas en fonction des différentes remarques exposées et observations relevées sur le terrain. Notamment, il s'agissait de :
 - o corriger l'échelle de la carte ;
 - o rectifier l'emprise des zones d'aléa fort « Chutes de blocs » (P3) tenant compte du point 2 ;
 - o représenter un aléa fort « Inondations » au droit des affluents du cours d'eau principal ;
 - o apporter des rectifications mineures relatives à l'aléa « Glissement de terrain » (G2 et G1).

Les corrections apportées dans la nouvelle version du zonage des aléas répondent convenablement à ces observations. Concernant la représentation de l'aléa « Inondations » au droit des affluents temporaires de la ravine principale, il est plutôt d'usage de figurer une bande de 5 ou 10 m de large plutôt qu'un simple trait (prise en compte de l'érosion de berges de part et de l'axe d'écoulement).

Conclusions

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



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemain
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