Appui technique à la Direction de l'Equipement dans le cadre de la prévention des risques naturels à Mayotte. Notes de l'année 2007.

BRGM/RP-56248-FR
Avril 2008

Liberté • Égalité • Fraternité
PRÉFECTURE DE MAYOTTE

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
direction de l'Équipement Mayotte

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Appui technique à la Direction de l'Equipement dans le cadre de la prévention des risques naturels à Mayotte. Notes de l'année 2007.

BRGM/RP-56248-FR
Avril 2008

Étude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM 06RISE42

J.-C. Audru, J.-L. Nédellec, C. Cluzet, P. Stollsteiner, G. Eucher

Vérificateur :	**Approbateur :**
Nom : P. Puvilland	Nom : M. Beurrier
Date : 28 avril 2008	Date : 28 avril 2008
Signature :	Signature **:**

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

Liberté • Égalité • Fraternité
PRÉFECTURE DE MAYOTTE

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
direction de l'Équipement Mayotte

Géosciences pour une Terre durable
brgm

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

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

Audru J.-C., Nédellec J.-L., Cluzet C., Stollsteiner, Eucher G. (2008) : Appui technique à la Direction de l'Equipement dans le cadre le la prévention des risques naturels à Mayotte. Notes de l'année 2007. Rapport – BRGM/RP-56248-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'Equipement 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 2007. 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 01 7

2. Note 2007 SAR/MAYOTTE 02 13

3. Note 2007 SAR/MAYOTTE 03 19

4. Note 2007 SAR/MAYOTTE 04 25

5. Note 2007 SAR/MAYOTTE 05 35

6. Note 2007 SAR/MAYOTTE 06 41

7. Note 2007 SAR/MAYOTTE 07 49

8. Note 2007 SAR/MAYOTTE 08 53

9. Note 2007 SAR/MAYOTTE 09 59

10. Note 2007 SAR/MAYOTTE 10 65

11. Note 2007 SAR/MAYOTTE 11 73

1. Note 2007 SAR/MAYOTTE 01

Avis technique concernant l'aléa cyclonique sur le projet d'école élémentaire à Mtsahara, commune de Mtsamboro

G. Eucher et J.C. Audru

Service Géologique Régional Océan Indien

Note 2007 SAR/RÉU/MAYOTTE 01

Appui 2007 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite : janvier 2007	**Site :** Mtsahara
Commune : Mtsamboro	
Participant(s) : JC Audru et G. Eucher (BRGM)	
Objet : avis sur aléa cyclonique	
Demandeur : DE/SEC	
Diffusion : DE/SEC et Antenne BRGM de Mayotte	

Circonstances de l'intervention du BRGM

M. Roy (Chef du service Aménagement Urbanisme et Habitat de la D.E.) nous demande d'émettre un avis technique concernant l'aléa cyclonique sur le site du projet d'école élémentaire à Mtsahara, Mayotte.
Documents fournis par la DE : plans du projet (situation, topographie, masse, RDC, R+1)

Localisation du site

Il s'agit d'un terrain situé au sud-ouest du village de Mtsahara, près de l'école maternelle existante (illustration 1).

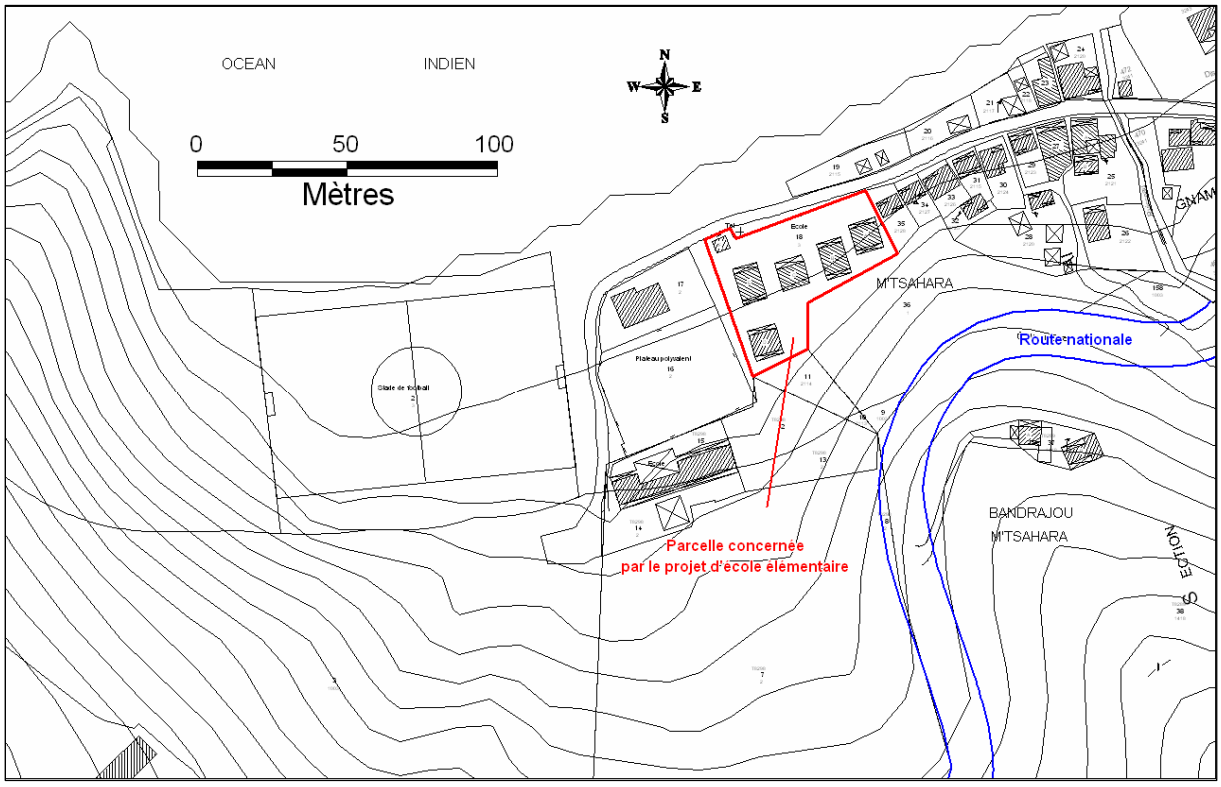


Illustration 1 : Localisation du site concerné par l'étude

Observations concernant l'aléa cyclonique surcote marine

Dans l'atlas des aléas naturels concernant la commune de Mtsamboro[1], la hauteur de submersion marine du secteur concerné a été *estimée* à 3,49 m NGM en cas d'événement historique (dépression tropicale Feliksa, 1985), et 5,16 m NGM en cas d'événement extrême (cyclone pseudo-Harry).

La cote minimale du projet d'école de Mtsahara (limite nord-ouest de propriété sur le plan masse) est de 3,41 m NGM, la chaussée qui passe devant l'école étant à 3,32 m NGM. Le projet d'école est donc, pour partie, dans la zone estimée d'aléa fort (récurrence forte d'une dépression équivalente à la dépression tropicale Féliksa, 1985).

Ce projet d'école est également pour partie en zone d'aléa moyen (récurrence faible d'un cyclone extrême équivalent au cyclone Harry de la Réunion en 2002) (Cf. Figure page suivante).

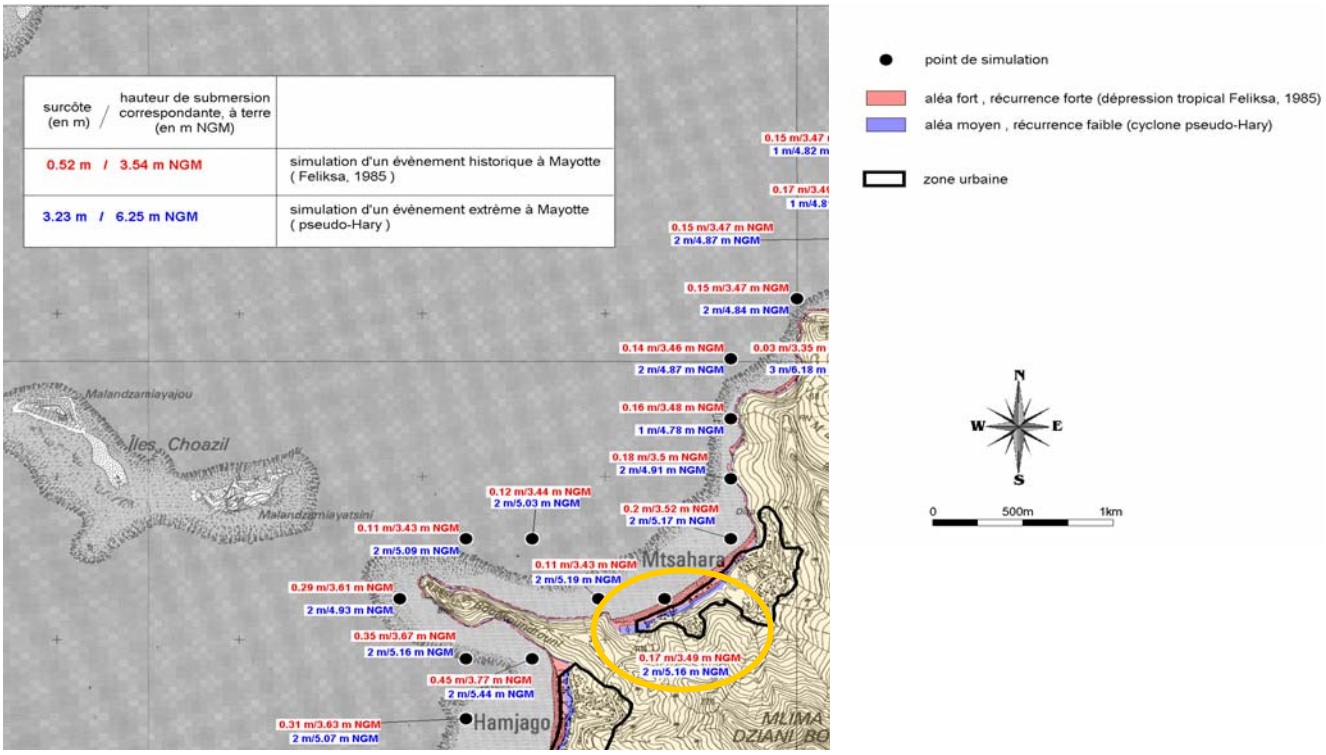


Illustration 2 : Extrait de l'atlas des aléas naturels concernant le village de Mtsahara. La zone concernée est entourée en jaune

[1] Audru J.C., Auber B., Desprats J.F., Eucher G. et al. (2004) - Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Mtsambororo, Acoua et Mtsangamouji - BRGM/RP-53194-FR

Appui technique à la Direction de l'Equipement dans le cadre de la prévention des risques naturels à Mayotte. Notes de l'année 2007.

2. Note 2007 SAR/MAYOTTE 02

Avis technique concernant deux lotissements (Madiana Haut et Mtsahara Est 2) sur la commune de Mtsamboro

JC Audru

Service Géologique Régional Océan Indien

Note 2007 SAR/MAYOTTE 02

Appui 2007 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite : 2 mars 2007	**Site :** Mtsahara et Mtsamboro
Commune : Mtsamboro	
Participant(s) : JC Audru (BRGM)	
Objet : avis sur aléas naturels	
Demandeur : DE/SEC	
Diffusion : DE/SEC et Antenne BRGM de Mayotte	

Circonstances de l'intervention du BRGM

M. Roy (DE de Mayotte), dans sa lettre du 23 février 2007, nous demande « de donner un avis plus précis sur les niveaux d'aléas auxquels sont exposés » deux projets de lotissement, Madiana Haut à Mtsamboro et Mtsahara Est 2 à Mtsahara.

Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM

Le plan des lotissements avec fond de carte des aléas mouvement de terrain et inondation sur fond cadastral à 1/5 000.

Observations ressortant des compétences du BRGM

Site de Madiana Haut, à Mtsamboro

Sur l'atlas des aléas naturels pour Mtsamboro [2] réalisé en 2005, ce site se trouvait en zone rurale et avait été cartographié à 1/ 25 000. Ce site était placé :

- en aléa mouvement de terrain moyen et fort : glissements dominants accompagnés de chutes de blocs ;
- en aléa inondation : RAS.

Nous avons effectué une visite sur le site le 2 mars 2007. La voirie du lotissement est terminée ainsi que quelques murs de soutènement. Les pentes varient de 1 à 22° environ, on observe en particulier de très gros blocs de basalte (plusieurs mètres) dans les pentes. Une grande partie de la végétation naturelle est peu à peu remplacée par des plantes vivrières (bananes, manioc), ce qui peut contribuer à terme à augmenter le niveau des aléas (glissements, libération de blocs, érosion et ruissellement), en particulier sur ce sol d'argiles rouges colluvionnées. Côté Est du projet, le versant descendant vers la ravine est plus abrupt (25 à 30° ?).

En raison des imprécisions de la cartographie initiale réalisée à 1/25 000, et suite aux observations de terrain, ce site peut être déclassé en aléa moyen sur l'emprise du projet.

[2] *Audru J.C., Auber B., Desprats J.-F., Eucher G., Jossot O., Mathon C., Moiriat D., Nédellec J.-L., Sedan O. et Zornette N., avec la collaboration de Guillobez S. (Cirad), de Daniel P. et de Haie B. (Météo-France) 2005 – Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Mtsamboro, Acoua et Mtsangamouji. Rapport BRGM RP-53194-FR.*

Par conséquent, avant de procéder aux travaux de construction, le BRGM conseille vivement de mettre en place des dispositifs de drainage et de confortement correctement dimensionnés par un bureau d'études afin de limiter d'éventuels mouvements de terrain. Les parcelles situées à l'Est de l'escalier côté Est du lotissement semblent les plus exposées aux mouvements de terrain ; le BRGM recommande donc qu'une attention particulière soit portée au confortement et au drainage de ces parcelles.

Ce projet doit en outre se conformer aux prescriptions établies dans la fiche de la Direction de l'Équipement pour les constructions en zone d'aléa moyen mouvements de terrain.

Le BRGM rappelle que dans une zone d'aléa moyen, l'exposition aux risques n'est pas nulle. Il convient donc d'être prudent en termes d'aménagement, surtout si celui-ci doit significativement modifier la géométrie ou l'hydraulique du milieu naturel. Dans l'hypothèse de la prescription d'un PPR, cette zone reste normalement constructible, mais soumise à des prescriptions afin de ne pas accroître le risque ou de le maintenir à un niveau acceptable.

Site de Mtsahara Est 2, à Mtsahara

Sur l'atlas des aléas naturels pour Mtsamboro [3] réalisé en 2005, ce site se trouvait en zone rurale et avait été cartographié à 1/ 25 000. Ce site était placé :

- en aléa mouvement de terrain moyen : glissements dominants accompagnés de chutes de blocs ;
- en aléa mouvement de terrain fort : chutes de blocs dominantes accompagnées de glissments ;
- en aléa inondation : RAS.

En raison des imprécisions de la cartographie initiale réalisée à 1/25 000, et suite aux observations de terrain, ce site peut être déclassé en aléa moyen sur l'emprise du projet.

Par conséquent, le BRGM conseille vivement de mettre en place des dispositifs de drainage et de confortement correctement dimensionnés par un bureau d'études afin de limiter d'éventuels mouvements de terrain. Les parcelles situées dans le Sud du lotissement semblent les plus exposées aux mouvements de terrain et à l'érosion de berges de la ravine ; le BRGM recommande donc qu'une attention particulière soit portée au confortement et au drainage de ces parcelles.

Ce projet doit en outre se conformer aux prescriptions établies dans la fiche de la Direction de l'Équipement pour les constructions en zone d'aléa moyen mouvements de terrain.

Le BRGM rappelle que dans une zone d'aléa moyen, l'exposition aux risques n'est pas nulle. Il convient donc d'être prudent en termes d'aménagement, surtout si celui-ci doit significativement modifier la géométrie ou l'hydraulique du milieu naturel. Dans l'hypothèse de la prescription d'un PPR, cette zone reste normalement constructible, mais soumise à des prescriptions afin de ne pas accroître le risque ou de le maintenir à un niveau acceptable.

[3] *Audru J.C., Auber B., Desprats J.-F., Eucher G., Jossot O., Mathon C., Moiriat D., Nédellec J.-L., Sedan O. et Zornette N., avec la collaboration de Guillobez S. (Cirad), de Daniel P. et de Haie B. (Météo-France) 2005 – Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Mtsamboro, Acoua et Mtsangamouji. Rapport BRGM RP-53194-FR.*

3. Note 2007 SAR/MAYOTTE 03

Avis technique concernant le site de la future centrale thermique de EDM à Longoni, commune de Koungou, Mayotte

JC Audru

Service Géologique Régional Océan Indien

Note 2007 SAR/MAYOTTE 03

Appui 2007 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite : 30 mars et 4 avril 2007	**Site :** Longoni
Commune : Koungou	
Participant(s) : JC Audru (BRGM)	
Objet : avis sur aléa mouvements de terrain	
Demandeur : DE/SAUH	
Diffusion : DE/SAUH et Antenne BRGM de Mayotte	

Circonstances de l'intervention du BRGM

M. Roy (DE de Mayotte), dans son courriel du 26 mars 2007, nous demande de « réactualiser le niveau d'aléa » sur le site de la plate-forme de la future centrale EDM de Longoni.

Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM

Le périmètre de la parcelle EDM, de la plate-forme et des bâtiments sous MapInfo.

Observations ressortant des compétences du BRGM

Sur l'atlas des aléas naturels de Koungou [4] réalisé en 2004, ce site se trouvait en zone rurale et avait été cartographié à 1/ 25 000. Ce site était placé :

- en aléa mouvement de terrain moyen et fort : glissements dominants accompagnés de chutes de blocs ;

Nous avons effectué une visite sur le site le 30 mars 2007 puis le 4 avril 2007 pour compléments.

Le fond du vallon a été aplani et les pieds de versants ont été remodelés par des talus avec banquettes. Quelques portions de talus se sont écroulées par petits glissements ou par écaillage en raison, soit :

- de leur caractère très argileux (altérites de basaltes ou de phonolites), les fines venant peu à peu combler les fossés d'évacuation situés à l'amont ou à l'aval,

- des contacts nombreux entre des formations de nature et de résistance très différentes (basaltes, phonolites, altérites, brèches, pyroclastites, etc.),

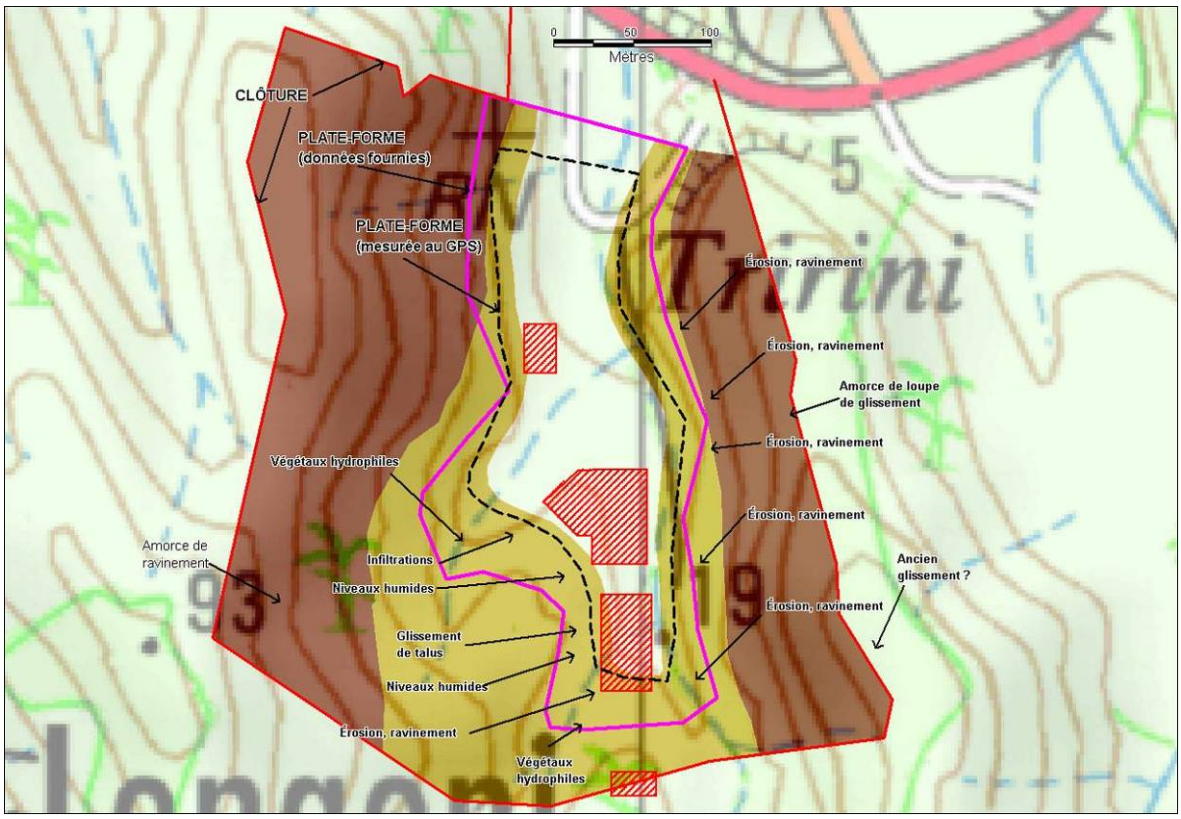
- de venues d'eau mises en évidence par des traces d'hydromorphisme et des associations de végétaux hydrophiles,

[4] *Audru J.C., Bitri A., Desprats J.-F., Mathon C., Maurillon N., Nédellec J.-L., Jossot O., Rançon J.-P., Sabourault P., Sedan O., Terrier-Sedan M. et Zornette N., avec la collaboration de Stollsteiner P. (Antéa), de Guillobez S. (Cirad), de Daniel P. et de Haie B. (Météo-France) 2004 – Atlas des aléas naturels à Mayotte, Communes de Mamoudzou, Koungou, Dzaoudzi et Pamandzi. Rapport BRGM RP-53037-FR..*

- de drainages mal contrôlés (érosion accélérée de dispositifs de drainage, comblement complet de cunettes par des matériaux fins etc.)

Le zonage de l'aléa a été revu en détail (cf carte ci-dessous) : l'aléa fort (marron foncé) a été peu modifié et concerne la partie supérieure des versants (fortes pentes, indices d'instabilité). En revanche, l'extension de l'aléa moyen (marron clair) a été revue en tenant compte des talutages réalisés et forme une bande qui longe le périmètre de la plate-forme.

Il faut noter que le périmètre de la plate-forme qui nous a été fourni au format MapInfo (trait violet sur la carte) ne correspond pas à la plate-forme qui a été observée sur le terrain et mesurée au GPS portable (tirets noirs sur la carte). On constate par ailleurs qu'un des bâtiments, dans le sud de la parcelle, est implanté en partie dans un talus ce qui ne semble pas être l'objectif souhaité.



Révision détaillée du zonage de l'aléa mouvement de terrain.

Concernant les talus, il est recommandé :

- de contrôler l'existence de contre-pentes au sommet des banquettes, afin de favoriser le ruissellement en direction des cunettes situées à la surface des banquettes ;

- d'imperméabiliser le sommet des banquettes jusqu'à leur arête car déjà, l'infiltration des eaux de ruissellement dans les talus commence à provoquer des écaillages et des écroulements de portions de talus ;

- de veiller au bon dimensionnement et à l'entretien régulier des dispositifs de drainage amonts et avals car un ruissellement excessif et prolongé pourrait provoquer l'écroulement complet d'un talus et entraîner une partie de l'amont.

- de veiller au drainage correct des pistes en terre qui longent la clôture grillagée, en particulier au sommet des collines qui entourent le projet car déjà, des amorces de ravinement ou de petites loupes de glissement y sont observées.

On remarquera que certaines portions de talus qui sont totalement couvertes par des lianes aux feuilles larges, ne sont pas affectées d'instabilité (les larges feuilles couvrantes brisent l'énergie de l'eau et les racines fort développées fixent le sol).

Conclusions

La bordure de la plate-forme de projet est en aléa moyen ; la limite de cet aléa tangente deux édifices et en concerne un troisième qui semble mal positionné sur le plan.

Ce projet doit en outre se conformer aux prescriptions établies dans la fiche de la Direction de l'Équipement pour les constructions en zone d'aléa moyen mouvements de terrain.

Le BRGM rappelle que dans une zone d'aléa moyen, l'exposition aux risques n'est pas nulle. Il convient donc d'être prudent en termes d'aménagement, surtout si celui-ci doit significativement modifier la géométrie ou l'hydraulique du milieu naturel. Dans l'hypothèse de la prescription d'un PPR, cette zone reste normalement constructible, mais soumise à des prescriptions afin de ne pas accroître le risque ou de le maintenir à un niveau acceptable.

4. Note 2007 SAR/MAYOTTE 04

Avis technique concernant l'implantation du lotissement du front de mer à Chiconi.

P. Stollsteiner

Service Géologique Régional Océan Indien

Note 2007 SAR/MAYOTTE 04

Appui 2007 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite : 28 avril, 02 et 07 Juin 2007	**Site :** Front de mer
Commune : Chiconi	
Participant(s) : P. Stollsteiner (BRGM)	
Objet : avis sur aléa inondation	
Demandeur : DE	
Diffusion : DE et Antenne BRGM de Mayotte	

Circonstances de l'intervention du BRGM

M. Roy (DE de Mayotte), dans son courriel du 26 mars 2007, souhaite connaître l'avis du BRGM sur la faisabilité d'un projet de lotissement sur le front de mer de Chiconi selon un niveau de risque acceptable, prenant en compte les aléas cycloniques et d'inondation par les ravines, ainsi que les éventuels impacts sur l'existant.

Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM

La DE a transmis au BRGM, sous forme de fichiers PDF, les documents suivants :

- le plan de masse du lotissement,
- les profils en long des différents chemins (N° 2 à 10, hormis le 5)
- la coupe des aménagements situés entre les logements et la mer.

Visites effectuées

Nous avons effectué une visite sur le site le 28 mai et le 02 juin. Nous nous sommes également rendu sur site le 07 juin afin d'assister à une réunion de chantier. L'objectif principal était de consulter les éventuels plans de raccordement entre l'existant et le projeté. Cette réunion n'a finalement pas eu lieu.

Contexte altimétrique

La lettre accompagnant les documents transmis contenaient les informations altimétriques suivantes :

- *Le niveau de la voie actuelle du bord de mer se situe entre 3,00 m NGM (au niveau des lots 2 et 3- partie ouest) et 5,00 m NGM (au niveau du chemin 10 – partie EST),*

- *Les parcelles à construire sont surélevées par rapport à la voie grâce à un remblai retenu par un mur de soutènement ; ce de manière à atteindre la côte niveau fini du terrain viabilisé minimum 4,00 m NGM. Les 4,00 m NGM seront atteint en partie ouest ; l'altimétrie des parcelles est sera plus proche des 4,50 m NGM et jusqu'à 4,83 m NGM au niveau des parcelles 31 à 34,*

- *Par rapport au niveau des parcelles viabilisées, les seuils des cases seront surélevés de 0,30m.*

Tous les lots seront donc situés au minimum à +4,00 m NGM et les seuils à 4,30 m NGM.

Observations ressortant des compétences du BRGM

a) Vis-à-vis d'éventuelles inondations fluviales et/ ou pluviales

L'illustration 1, ci-dessous, permet de localiser le projet (Zone hachurée rouge) par rapport au centre de Chiconi, à la route menant à Saida (rouge) et à la voirie communale (jaune). La zone d'étude se situe entre la voirie communale (jaune) et le front de mer. Dans cette zone, le projet, qui comporte 35 lots, prévoit la construction de 32 logements. Quelques habitations existantes se situent dans la zone de projet.

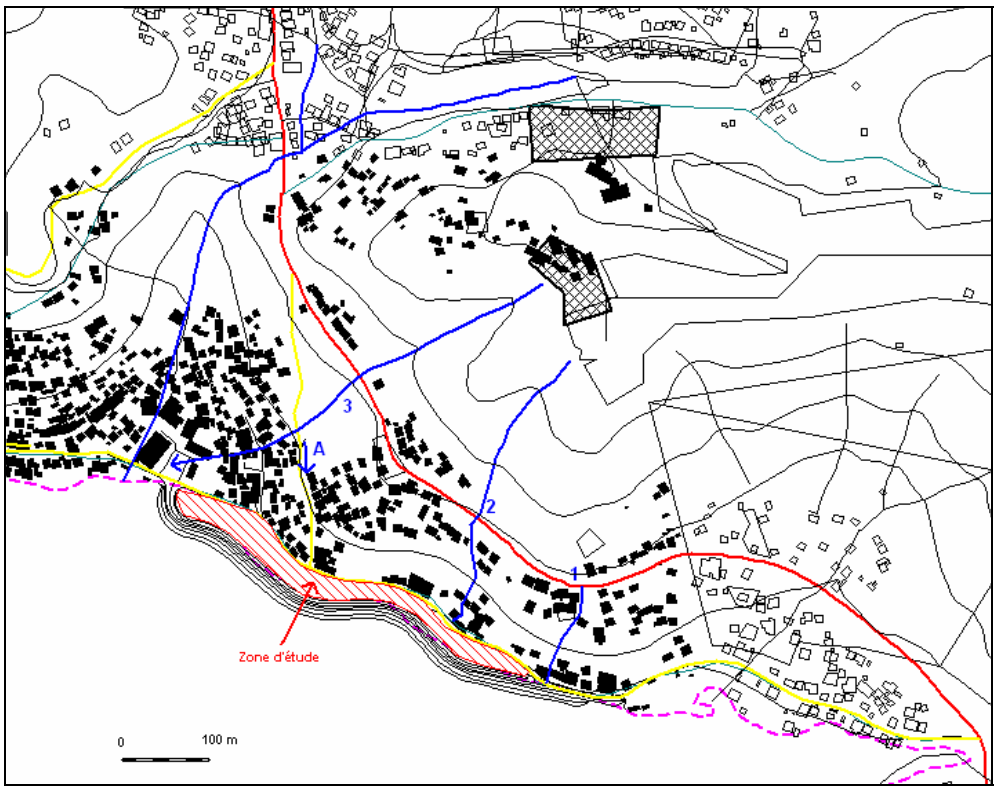


Illustration 1 : Localisation de la zone d'étude et principaux thalwegs existants.

Au droit et à proximité immédiate de la zone d'étude, on note la présence (de droite à gauche et en bleu) :

- d'un dalot couvert (1) qui collecte les eaux le long de la route principale située en amont (en rouge), et dont l'exutoire se situe en limite est de la zone d'étude,

- d'un thalweg (2) qui aboutit au droit de la zone d'étude. Ce thalweg draine une superficie inférieure à 70 hectares dans la mesure où une partie du ruissellement de ce bassin versant est collectée par le collecteur précédent au niveau de la route principale. Ce thalweg n'existe plus au droit de la zone

d'étude, il est remplacé par un caniveau de faibles dimensions (cf. photo 3) et par des arrivées diffuses.

- d'un thalweg (3) qui coupe une voirie communale avant de continuer vers le centre de Chiconi. Cet ouvrage étant de petites dimensions et soumis à embâcle (cf. photos 1 et 2), il est fortement probable, lors de forts épisodes pluvieux, que des débordements vont se produire au droit de ce franchissement et emprunter la voie communale (flèche A). Ces débordements, augmentés des eaux pluviales de la chaussée et des maisons mitoyennes, vont alors arriver sur l'arrière de la zone d'étude (apports 3, ill. 2).

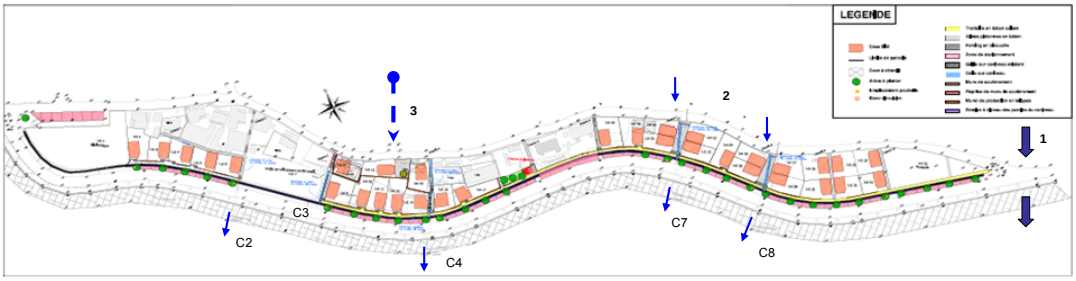


Illustration 2 : Localisation des trois arrivées d'eau et des ouvrages d'évacuation.

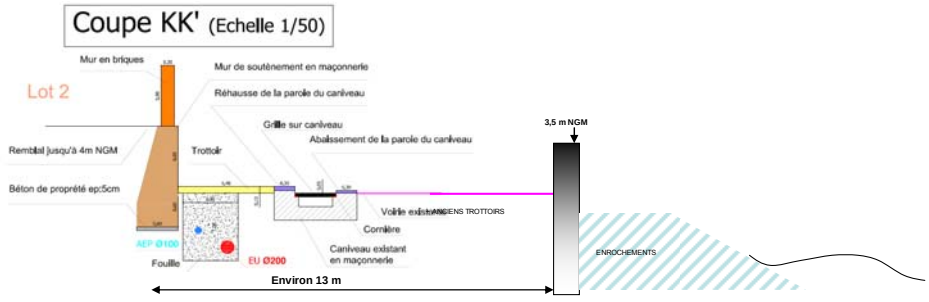


Illustration 3 : Coupe des ouvrages prévus en front de mer.

L'illustration 2 localise les trois arrivées d'eau précédentes et les ouvrages d'évacuations prévus. Ces ouvrages de collecte et d'évacuation se situent sous cinq des chemins d'accès aux différentes parcelles (C2, C3, C4, C7, C8). Quatre de ces collecteurs comportent un exutoire en mer (C2, C4, C7, C8, cf. fig. 2 et photos). L'évacuation se fait au moyen de dalots dont l'extrémité aval se situe au droit de la protection en enrochement (photo 4). L'ouvrage N° 3 rejoint le caniveau aval existant qui collecte les eaux pluviales de la route du front de mer (cf. ill. 3). Ce collecteur est relié aux quatre collecteurs précédents.

Nota Bene : On notera que, lors de la visite le collecteur C2 était complètement obstrué et que la section limitant le débit des autres collecteurs paraît, actuellement, être la section existante entre les nouveaux collecteurs (cf. profil en long 4, 7 et 8) et les dalots d'évacuation existants. Ces points noirs nécessitent d'être corrigés.

Lors de la visite, la continuité hydraulique entre l'amont et l'aval de la voirie bordant le projet en amont n'était pas réalisé. Ne figurant pas sur les plans transmis, il ne nous est pas possible de conclure sur l'efficacité de l'ensemble du système. Le système

pluvial envisagé ne sera réellement efficace que s'il existe un ou des ouvrages permettant de collecter l'ensemble du ruissellement provenant des points amont référencés 2 et 3 mais également de collecter la totalité des eaux pluviales de cette voierie amont (photos 5 et 6).

D'après l'illustration 2, les collecteurs C7 et C8 pourraient, avec des ouvrages intermédiaires satisfaisants, évacuer les eaux pluviales locales mais également les eaux du bassin versant amont (2). D'après les coupes transmises ces collecteurs ont des sections suffisamment conséquentes, en l'état actuel d'urbanisation du bassin versant et sous réserve de l'éradication des points noirs abordés ci-dessus, pour permettre l'évacuation des débits attendus.

Les éventuels apports (3) pourraient, quant à eux, être évacués par le collecteur C4. Celui-ci étant de dimensions plus restreintes, il pourrait être facilement saturé lors des évènements pluviométriques significatifs. Par ailleurs, vu la pente de la chaussée, l'écoulement des apports (3) pourrait être relativement agressif. Il paraît donc nécessaire de prévoir un aménagement adéquat de ce secteur (photo 5). Cet aménagement pourrait consister, par exemple, en un muret de protection et un caniveau permettant la collecte des eaux afin de les envoyer vers plusieurs collecteurs (par exemple : les collecteurs 2 et 4 ou le collecteur 2 et un collecteur additionnel, longeant la voirie dont l'exutoire pourrait se situer en limite ouest du projet).

b) Vis à vis d'éventuelles inondations marines

Lors de la visite, les travaux avaient commencé et le mur de soutènement était presque totalement réalisé. Ce mur est prévu tout au long du lotissement, même au droit des zones hors projet (habitations existantes). La coupe KK' (ill. 3) indique le positionnement altimétrique minimum des cases par rapport au niveau marin.

D'après cette coupe on peut relever trois points favorables à une diminution, voire à une disparition, du risque d'inondation et/ou destruction marine :

- les cases se situeront à une altitude supérieure à l'estimation du niveau marin survenu durant Féliksa, soit au minimum à 4,00 m NGM

- l'existence d'un premier mur de protection d'altitude 3,5 m NGM,

- il y aura une distance minimale entre le mur des habitations et le premier mur de protection d'au moins 13 m.

Le mur en brique (cf. ill. 3) ne peut, à priori, être considéré comme une protection supplémentaire vis-à-vis des inondations marines car il ne devrait pas résister à la houle.

Toutefois l'absence d'observations des niveaux marins et des houles cycloniques tant au large que dans le lagon associée à :

- une connaissance peu précise de la topographie marine des fonds du lagon, notamment à proximité du rivage,

- une méconnaissance de l'impact de la barrière de corail sur l'amplitude de la houle,

empêche toute évaluation sérieuse des valeurs nécessaires à respecter (distance et cote) susceptibles d'éviter tout risque de destruction et/ ou d'inondation marine. Des études spécifiques sont actuellement programmées afin de mieux cerner les moyens et/ou recommandations permettant une réduction partielle ou totale de ces risques.

Il nous paraît ainsi prématuré voire impossible de conclure sur l'importance du risque résiduel de ce lotissement vis-à-vis d'inondation et/ ou destruction marine.

On peut toutefois noter que la réalisation de ce lotissement ne génère pas de risque supplémentaire, vis-à-vis d'inondation et/ ou destruction marine, pour les habitations existantes. La réalisation du mur de soutènement, au droit des quelques habitations existantes situées au milieu de ce lotissement, peut même être considéré comme une protection supplémentaire et donc une amélioration.

Conclusions

Sous réserve que le système de collecte situé au droit de la voirie servant de limite amont au projet soit efficace et permette de collecter l'ensemble des eaux pluviales et des eaux de ruissellement provenant de la voirie et de l'amont des bassins versants (apports 2 et 3), la réalisation de ce lotissement ne devrait pas générer d'impact négatif, pour la problématique inondation tant fluviale que marine, sur les habitations voisines existantes. Le risque d'inondation fluviale et pluviale serait, sous réserve des prescriptions établies et des recommandations générales, limité et la zone pourrait être classée en aléa faible à modéré.

Le niveau de connaissance actuel empêche toute évaluation sérieuse des valeurs nécessaires à respecter (distance et cote) susceptibles d'éviter tout risque de destruction et/ ou d'inondation marine.

Il nous paraît donc, en l'état actuel des connaissances, prématuré voire impossible de conclure sur l'importance réelle du risque résiduel de ce lotissement vis-à-vis de l'inondation et/ ou destruction marine. On peut toutefois estimer que ce lotissement ne générera pas d'impact négatif, vis-à-vis de cette problématique, sur l'environnement existant.

Photographies 1 et 2

Photographies 3 et 4

Photographies 5 et 6

5. Note 2007 SAR/MAYOTTE 05

Avis sur le diagnostic géotechnique relatif à l'aléa mouvements de terrain (école élémentaire T8 de M'Tsahara Plage).

J.L. Nedellec

Service Géologique Régional Océan Indien

Note 2007 SAR/MAYOTTE 05

Appui 2007 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite :	**Site :** Projet école primaire
Commune : M'Tsamboro village de M'Tsahara	
Participant(s) : J.L. Nedellec (BRGM)	
Objet : avis sur étude géotechnique	
Demandeur : DE	
Diffusion : DE et Antenne BRGM de Mayotte	

Circonstances de l'intervention du BRGM

M. Gremminger (DE/SEC/HEA) a demandé au BRGM un examen critique du rapport établi par le bureau d'études SEGC relatif au diagnostic géotechnique de l'aléa mouvements de terrain au niveau du projet d'école élémentaire de M'Tsahara plage (commune de M'Tsamboro).

Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM

La DE a transmis au BRGM, sous forme de fichiers PDF, les éléments constitutifs du rapport établi par le bureau d'études SEGC en avril 2007 (rapport et 10 annexes)

Observations ressortant des compétences du BRGM

Sur les sondages :

Le plan de sondages ne précise pas la position des sondages SP1, SP2, SP3 et ST1, ST2. De même les coupes CT1 et CT2 ne sont pas implantées.

On regrettera qu'aucun sondage au pénétromètre n'ai été placé immédiatement à coté d'un sondage à la tarière afin d'être étalonné.

Le tableau de la page 5 du rapport SEGC est difficile à comprendre.
En effet, pour certains sondages comme SP2, on retrouve bien une limite à 80 cm de profondeur sur le pénétrogramme, mais la valeur de Rd = 2,6 MPa est difficile à associer à ce premier horizon dans la mesure où toutes les valeurs de résistance y sont inférieures à 2 MPa. Cette valeur de 2,6 MPa serait-elle la valeur mini dans les matériaux "fermes" sous l'horizon meuble ?
Par contre, pour SP6, on observe plus ou moins une première couche "meuble" jusqu'à 2,2 m, mais la valeur de Rd = 0,9 MPa annoncée ne correspond plus à une valeur mini dans la formation inférieure .... ?

Sur les modélisations Talren :

Les paramètres géomécaniques retenus n'amènent pas d'observation car ils se révèlent plutôt classiques dans ce type de formation, sauf peut être la cohésion dans les colluvions qui est un peu forte.

Le choix du profil de calcul n'est pas forcément le plus sévère. Un profil légèrement plus à l'est et un autre plus à l'ouest auraient permis de mieux balayer le contexte du projet.

On constate sur les profils talren que la couche colluviale est très réduite en épaisseur en pied de talus. Cela est assez surprenant et doit être confirmé par SEGC. De plus, on ne dispose que de très peu de sondage au droit du profil de calcul. Rappelons que l'analyse SEGC met en évidence que l'horizon meuble superficiel peut localement dépasser 2 m d'épaisseur. A défaut de précision au droit du profil retenu, nous proposons d'adopter cette valeur conservatrice.

Par ailleurs, le modèle place du rocher peu altéré sous la plateforme du projet, alors que des sables y ont été trouvés. Cela a son importance lorsque l'on constate que certains cercles de calcul empiètent sur cette plateforme.

SEGC néglige toute nappe. Il serait souhaitable de vérifier que celle ci n'a que peu d'importance sur la tenue des terrains.

Un élément parait très surprenant : lorsque l'on examine l'échelle graphique des calculs talren, on constate un rapport d'échelle de l'ordre de 10 ! Le talus entre la route et le projet mesurerait moins de 3 m de hauteur, là où il en mesure en réalité plus de 20 ! De même, les horizons dits "meubles" ne mesureraient que quelques centimètres d'épaisseur ...
--> il convient de reprendre le modèle avec les bonnes épaisseurs pour vérifier la validité des résultats. En effet, pour des sols cohésifs le respect des échelles est capital. Pour exemple, si l'on prend le cas d'une tranchée verticale dans les argiles, sa tenue dépend clairement de la hauteur non soutenue et cela pour une géométrie identique.

La modélisation n'intègre pas de sollicitation sismique, ce qui peut paraitre étonnant pour une école qui est un bâtiment de classe C. Toutefois, étant donnée la cohésion des formations reconnues, il est probable que cela ne génère pas de grande différence dans les résultats.

On n'observe aucune différence entre les résultats en phase initiale et les résultats en phase finale. Et pour cause, on ne constate pas de différence dans la topographie et le projet n'intègre pas de surcharge dans le talus. L'intérêt de réaliser 4 calculs au lieu de 2 est donc très limité. Par contre, il aurait peut être été possible d'ajouter une surcharge routière de 10 kPa au droit de la Route Nationale.

En conséquence, **les calculs talren ne peuvent pas être considérés comme représentatifs du site**.

Sur la proposition de modification du zonage:

Les calculs talren n'étant pas corrects, le zonage proposé ne peut être retenu.

Par ailleurs, étant donné la présence de colluvions et d'altérites dans des pentes à 30°, il conviendra de rester prudent vis à vis du développement potentiel de coulées de boue. Le rapport SEGC en fait état page 11, mais ne semble pas vraiment l'intégrer dans son zonage ni dans ses recommandations.

Page 15 du rapport SEGC, on indique 3 niveaux d'aléa. Il semble que la configuration P2G2 indiquée sur la carte ait été omise dans le texte.

Sur les recommandations de constructibilité :

Il convient de préciser que ce diagnostic n'examine pas les conditions de fondation du futur ouvrage, il s'agit uniquement d'analyser les risques gravitaires de mouvements de terrain.

Par ailleurs, on peut s'étonner de l'absence de recommandations sur la maitrise du ruissellement et sur la végétalisation dans le versant dominant les futurs bâtiments, ceci dans un contexte propice aux coulées de boue.

- *Sur la synthèse SEGC* :

SEGC annonce que la parcelle de projet est "stable" dans son ensemble. Cela est surprenant dans la mesure où SEGC préconise d'éliminer les blocs dans le versant, ce qui implicitement indique que le projet est sous la menace de blocs pouvant se propager jusqu' à la future école ... De même, le futur projet est sous la menace de coulées de boue pouvant provenir du versant immédiatement en amont.

En conséquence, nous recommandons au maitre d'ouvrage de demander à SEGC de reprendre son étude selon les suggestions présentées ci-avant. A défaut, le nouveau zonage proposé ne peut être recevable.

6. Note 2007 SAR/MAYOTTE 06

Avis technique concernant l'implantation d'un lotissement (SCCV Les Couroles) à Hajangoua, commune de Dembéni, Mayotte.

C Cluzet, JL Nédellec

Service Géologique Régional Océan Indien

Note 2007 SAR/MAYOTTE 06

Appui 2007 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite : 24 Août 2007	**Site :** Hajangoua
Commune : Dembéni	
Participant(s) : C Cluzet (BRGM), JL Nédellec (BRGM)	
Objet : avis sur aléa mouvements de terrain	
Demandeur : DE/SEC/HEA	
Diffusion : DE/SEC/HEA et Antenne BRGM de Mayotte	

Circonstances de l'intervention du BRGM

Le projet de lotissement Les Couroles sur le site de Hajangoua à Dembéni, situé en zone d'aléa fort mouvement de terrain selon les éléments issus de l'atlas des risques naturels, a fait l'objet d'un refus de permis de construire de la part de la Direction de l'Équipement. Par courrier du 17 juillet 2007, M. Roy (Chef SEC/HEA, DE de Mayotte), expose la situation de refus de PC du maître d'ouvrage du lotissement SCCV Les Couroles. Il est demandé au BRGM un avis pour savoir si les « dispositions du projet, de nature à stabiliser la parcelle » permettront de « maîtriser l'aléa » sur le site.

Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM

Le dossier du projet contient la localisation du site, une notice (descriptif supplémentaire de la construction), un plan de masse et une coupe.

Observations ressortant des compétences du BRGM

Dans l'atlas des aléas naturels concernant la commune de Dembéni[5], ce secteur a été cartographié pour les mouvements de terrain au 1/ 25 000 comme étant en aléa fort P3 : chutes de blocs dominantes accompagnées de glissements.

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

La localisation du site et les zones d'aléa sont précisées sur l'extrait de carte situé en page 5.

Le site est situé sur une crête au nord du village d'Hajangoua. Le versant sud et le sommet de la crête présentent des pentes faibles à modérées et un aléa moyen (glissements dominants) qui peut être maîtrisé par des aménagements à l'échelle de plusieurs parcelles.

En revanche, le versant nord, sur lequel le projet s'étend en partie, présente des pentes beaucoup plus fortes (la pente du TN représentée sur la coupe semble sous-estimée en

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

particulier en partie aval). Ces pentes s'accentuent en contre bas du projet (zone prévue pour l'installation des puits bactériens).

Sur le site, nous avons recensés plusieurs indices qui confirment le zonage effectué pour les atlas :

- des traces de glissements anciens sont observables dans la pente. Notamment, une loupe de glissements d'une dizaine de mètres de largueur est bien identifiable (le volume des matériaux déstabilisés est estimé à 300-400 m^3). (cf photo) ;

- la présence de nombreux blocs facilement mobilisables compte tenu de la nature argileuse et très altérée de la matrice qui les enchâsse. (cf photo) ;

- la présence d'anomalies de croissance des arbres situés dans la pente atteste des mouvements du sol que les végétaux cherchent à compenser. (cf photo) ;

- l'existence, en partie aval, d'une forte pente (≥45°) consitutée principalement de colluvions et laissant apparaître par endroit des affleurements de roche altérée. La stabilité précaire de cette pente est très probablement le vecteur principal à l'origine des glissements constatés dans le talus plus à l'amont. En effet, ce versant, en évoluant du fait de l'érosion naturelle conduit à la fragilisation du pied de talus.

La présence de tels phénomènes, notamment les glissements de terrain, confirment le tracé du zonage en aléa fort du site prévu pour le lotissement, et rendent difficilement réductible l'extension de cet aléa. De plus, pour les années à venir, en l'absence d'aménagements d'envergure, il faut s'attendre à une propagation des phénomènes instables vers l'amont, raison pour laquelle la zone d'aléa fort a été étendue sur le sommet aplani de la crête dans la carte de l'atlas.

Par ailleurs, un certain nombre de facteurs aggravants peuvent contribuer à augmenter le risque si le lotissement se construisait :

- l'érosion autour de la parcelle (accentuée par les défrichements du couvert végétal effectué pour les besoins de la construction) ;

- la mise en place des puits bactériens, si elle n'était pas compromise par les difficultés liées à la forte pente du terrai naturel, entraînerait des venues d'eau qui seraient un facteur de déstabilisation supplémentaire.

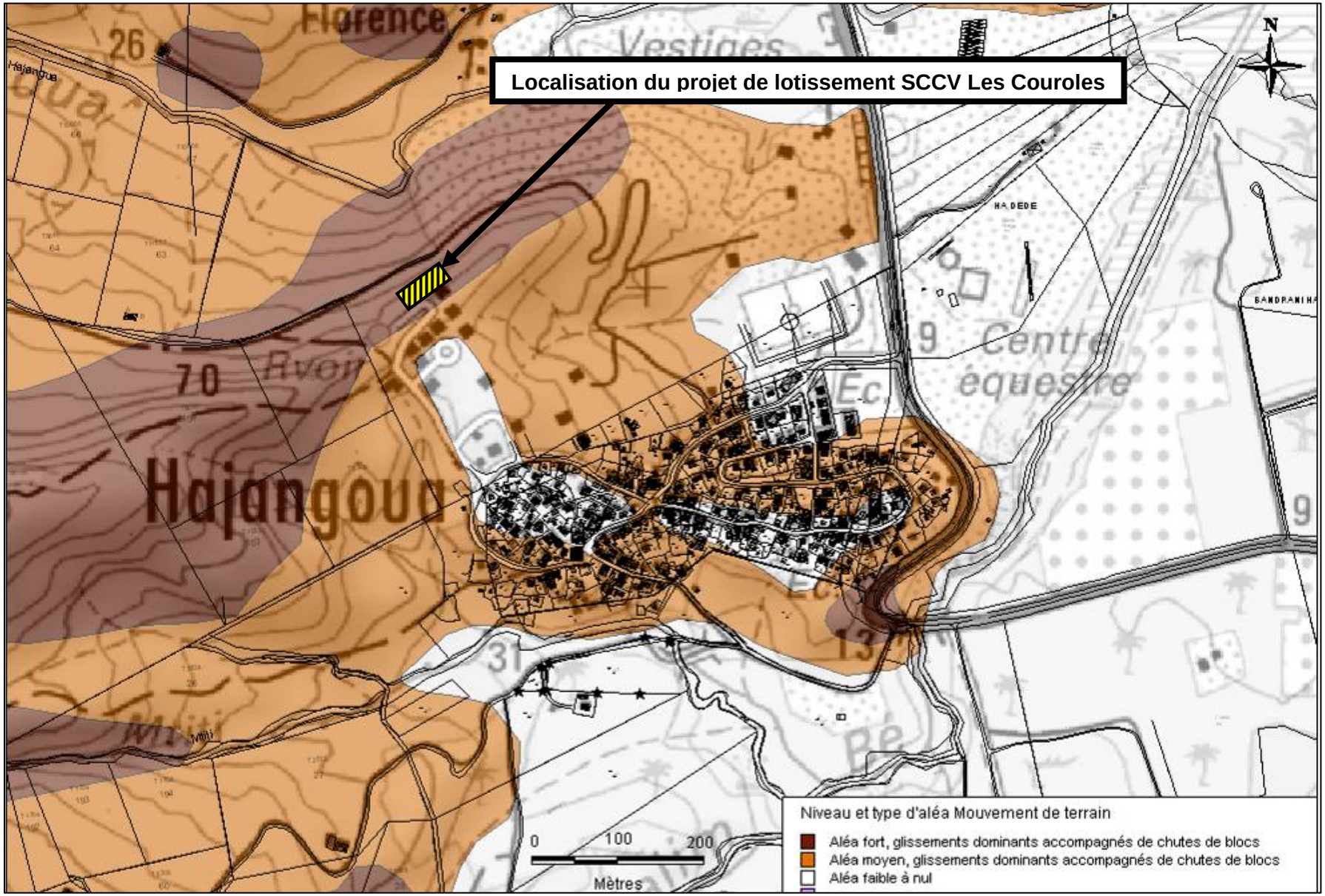
Enfin, l'examen de la solution de stabilisation des terrains dans le versant telle que proposée dans le projet de construction (création de mur de soutènement), n'est pas de nature à garantir la sécurité du site. En effet, la présence même d'un versant redressé instable en partie basse du versant pourrait rapidement conduire à la déstabilisation de l'assise de ces soutènements et donc à leur inefficacité. Il conviendrait en premier lieu de sécuriser la partie basse du versant avec un dispositif adapté avant d'envisager tout projet de construction en amont. Pour cela, il est vivement recommandé de faire appel à un bureau d'étude géotechnique qualifié pour définir les ouvrages de confortement les mieux adaptés au contexte.

Conclusions

Les observations effectuées par le BRGM permettent de confirmer en l'état la présence d'un aléa naturel fort relatif au mouvement de terrain sur le site du projet de lotissement SCCV Les Couroles. Cependant, les indices relevés ont conduit à changer la nature de cet aléa en glissements dominants (G3) au lieu de chutes de blocs dominantes (P3).

Nous estimons que le projet, y compris les dispositions annoncées visant à stabiliser la parcelle, ne permettront pas de maîtriser cet aléa, mais risque au contraire de l'augmenter. Même si le sommet de la crête est aplani sur une largeur de 7 mètres environ, cela ne permet pas l'installation de bâtiments longs de 28 mètres. En revanche, il pourrait être envisagé de changer l'orientation des bâtiments pour les implanter dans le sens de la crête et limiter ainsi les fondations vers l'aval. Cette hypothèse impliquerait de prendre les dispositions nécessaires pour ne pas accroître le risque, déjà élevé, et le réduire à un niveau acceptable. Une autre solution consisterait à sécuriser au préalable la globalité du versant située en pied de talus avant toute mise en place de murs de soutènement. A cet effet, il et vivement recommandé de s'adjoindre les compétences d'un bureau d'étude géotechnique.

Localisation du site et zonage de l'aléa mouvements de terrain d'après l'atlas des aléas naturels sur la commune de Dembéni.



Photographies prises sur le site lors de la visite effectués le 24/08/07.

Panorama montrant la morphologie du site (de droite à gauche : sommet de crête aplani puis fortes pentes qui s'accentuent vers l'aval).

Indices montrant l'importance de l'aléa naturel dans la pente. De gauche à droite : anomalies de croissance d'un arbre, cicatrice de glissement, blocs de basaltes instables.

7. Note 2007 SAR/MAYOTTE 07

Avis technique concernant le projet de lotissement Chanfi Commune de Pamandzi, Mayotte Direction de l'Equipement de Mayotte

J.L. Nedellec, R. Mouron

Service Géologique Régional Océan Indien

Note 2007 SAR/MAYOTTE 07

En retour à la demande de la Direction de l'Equipement - service ADS - relative à une consultation du BRGM sur le dossier d'autorisation du projet de lotissement Chanfi à Pamandzi, nous vous adressons les conclusions de notre analyse.

1) Pièces examinées :

- Rapport ETG "Demande d'autorisation de lotir modificative" n° 20071501-PL d'aout 2007
- Rapport SEGC Mayotte "Lotissement Chanfi - Assainissement autonome" n° I.T./150/2001

2) Analyse du dossier

2.1) Implantation du lotissement

Selon le plan PL-1 en date du 07/08/2007, la rangée de d'habitations située en tête de falaise a été retirée et remplacée par un espace vert. En 2006, un avis du BRGM (note 2006 SAR/REU/MAYOTTE d'Ywenn De La Torre) concluait que : " *néanmoins, d'un point de vue « historique », le recul de la falaise est relativement linéaire entre ces dates* (n.b. entre 1969 et 2003)*. On peut donc considérer que, mise à part un changement des éléments morphogènes, la falaise continuera à reculer à ce rythme soit environ 13 à 18 m (en prenant en compte la marge d'erreur) de régression supplémentaire pour les 50 prochaines années*."
Les hypothèses prises en compte par le B.E. correspondent exactement à ces prévisions. A l'échéance de 50 ans il reste encore une marge de 15m minimum entre la tête de la falaise et la limite de la parcelle 32 la plus exposée.

Pour ce qui est de l'implantation des parcelles, le projet présenté est conforme aux recommandations du BRGM

2.2) Projet d'assainissement

La société ETG, sur la base du rapport SEGC Mayotte, propose de réaliser un assainissement semi-collectif de type décanteur-digesteur avec une épuration-infiltration par drains. Apparemment, il est prévu d'implanter ce dispositif à proximité de la falaise littorale sur les terrains pour lesquels le BRGM s'était prononcé pour recommander une interdiction de construction.

Les matériaux présents sur le site sont des silts volcaniques à inclusions pyroclastiques plutôt érodables. Rappelons que sur la base d'une étude BRGM de 2006, il avait été déterminé que le trait de côte à proximité avait reculé entre 10 et 20 m environ entre 1969 et 2003 (soit 25 à 50 cm de recul moyen par an). Pour cette raison, il avait été jugé dommageable de construire à proximité de cette falaise dont l'évolution devrait se poursuivre.

Le projet d'assainissement, en proposant de rejeter des eaux domestiques par infiltration dans les sols, va dans le sens d'aggraver les risques. En effet, tout rejet d'eau supplémentaire dans ces formations menacées peut provoquer l'apparition de surpressions et de chutes localisées de cohésion, voire d'entrainement de fines (phénomène de suffosion), ce qui provoquera une accélération de la déstabilisation de

la falaise. Par ailleurs, toute rupture de canalisation pourrait provoquer des arrivées d'eau importantes et concentrées, ce qui auto-alimenterait et accentuerait le phénomène dommageable. On peut rappeler le dernier paragraphe de la note de 2006 ci-dessus citée : "*Dans la même manière, il est à prévoir, côté terrestre, que les aménagements du lotissement ne concentrent pas les infiltrations qui fragiliseraient la partie sommitale de la falaise.*" Ce qui semble être malheureusement le cas dans le projet présenté.

Au regard de notre analyse, nous déconseillons de placer le dispositif d'assainissement en aval du lotissement, coté falaise. Cette zone doit rester vierge d'aménagement, sauf à mettre en place des équipements ne faisant pas croitre le niveau de risque.

8. Note 2007 SAR/MAYOTTE 08

Avis technique concernant la note complémentaire au rapport SEGC relatif au diagnostic géotechnique pour l'aléa mouvement de terrain de l'Ecole élémentaire T8 de M'tsahara Plage, commune de M'tsamboro, Mayotte.

C Cluzet

BRGM - Service Géologique Régional Océan Indien

Note 2007 SAR/MAYOTTE 08

Appui 2007 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite :	**Site :** M'tsahara Plage
Commune : M'tsamboro	
Participant(s) : C Cluzet (BRGM)	
Objet : avis sur étude géotechnique	
Demandeur : DE/SEC/HEA	
Diffusion : DE/SEC/HEA et Antenne BRGM de Mayotte	

Circonstances de l'intervention du BRGM

Au mois de Juin 2007, M. Gremminger (DE/SEC/HEA) a demandé au BRGM un examen critique du rapport établi par le bureau d'études SEGC relatif au diagnostic géotechnique de l'aléa mouvements de terrain au niveau du projet d'école élémentaire de M'tsahara Plage (commune de M'tsamboro). Suite à l'avis donné par le BRGM sur ce rapport, SEGC a réalisé en août 2007, une note complémentaire destinée à prendre en compte les remarques faites par le BRGM. Le 12 Septembre 2007, M. Gremminger a demandé au BRGM un nouvel examen critique de ce complément.

Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM

La DE a transmis au BRGM sous format papier une *Note complémentaire au rapport SEGC relatif au diagnostic géotechnique pour l'aléa mouvement de terrain de l'Ecole élémentaire T8 de M'tsahara Plage.*

Observations ressortant des compétences du BRGM

Sur les sondages

Les sondages non positionnés dans le rapport initial sont replacés dans la note complémentaire sur un extrait agrandi de la carte IGN au 1/25000.

L'étalonnage des sondages qui peut être effectué en plaçant un sondage pénétrométrique à proximité d'un sondage à la tarière, n'est pas jugé indispensable par SEGC. Ceci est justifié du fait que les sondages pénétrométriques, par leur profondeur d'investigation, permettent une meilleure évaluation de l'épaisseur des matériaux meubles que les sondages à la tarière qui ne dépassent 2 m. Malgré tout, les sondages pénétrométriques ne permettent pas de déterminer qualitativement la nature des faciès traversés ; et d'après les résultats des sondages à la tarière (malgré leur faible profondeur d'investigation) les formations superficielles (colluvions et altérites) sont bien distinguées et pourraient être étalonnées.

Concernant le tableau de la page 2 de la note complémentaire, les remarques faites lors du premier avis sur le rapport initial sont toujours valables. Le tableau est difficilement compréhensible en ce qui concerne l'affectation des valeurs de résistance dynamique Rd.

Sur les modélisations Talren

Deux autres profils de calcul ont été réalisés, ce qui permet de mieux couvrir le contexte du projet. Mais pour le profil Est, il n'y a pratiquement aucun sondage au droit du profil de calcul.

De plus, il est dommage qu'aucun calcul n'ait été effectué pour étudier de façon séparée la stabilité de la partie basse du talus (la plus pentue) située entre la route et le site du projet, immédiatement en amont de l'installation prévue.

Comte-tenu des remarques faites lors du premier avis, la géométrie des formations superficielles (altérites et colluvions) a été modifiée, et les nouveaux calculs effectués en respectant les échelles de modélisation (hauteurs de talus et épaisseurs des formations). De même, la présence de sables sous la plateforme du projet est ici prise en compte.

La note complémentaire ne mentionne toujours pas la présence ou absence d'éventuelles nappes. Il est pourtant fondamental dans un calcul de stabilité de pente de donner un minimum d'information sur la répartition des pressions interstitielles dans le volume de sol exploré.

Les modélisations intègrent cette fois-ci des sollicitations sismiques en affectant la gravité d'un coefficient d'accélération horizontal (Cah=0.35) et vertical (Cav tel que 1+Cav=0.35). Ces valeurs sont un peu fortes mais vont dans le sens de la sécurité.

Des surcharges ont été ajoutées pour tenir compte notamment de la présence de la Route Nationale 1. Cependant, leurs valeurs respectives ne sont pas indiquées.

Seuls les calculs après construction ont été repris, il aurait été intéressant de refaire également les calculs en phase initial pour comparer les stabilités à court terme et long terme et évaluer l'incidence des surcharges notamment.

Concernant le coefficient de sécurité Γ_{min}, le calcul a été fait aux ELU avec combinaisons fondamentales et prises en comptes des coefficients de pondérations des actions et des coefficients de sécurités partiels appliquées aux caractéristiques des matériaux. Ainsi, les résultats supérieurs à 1 (1.06 et 1.24) suffisent à garantir une stabilité du massif. En effet, un calcul fait sans intégration d'une marge de sécurité aurait nécessité un coefficient supérieur à 1.5 pour garantir la stabilité.

Sur la proposition de modification du zonage

La modification proposée dans le rapport initial n'a pas fait l'objet de révision. Les calculs Talren ayant été refaits correctement, les valeurs du coefficient de sécurité ne sont plus les mêmes : lors du rapport initial, ils étaient supérieurs à 3 alors que maintenant ils sont de 1.06 et 1.24. La modification du zonage proposée dans le rapport initial peut donc s'avérer trop sécurisante puisque basée sur une surestimation de la stabilité. Il conviendrait d'utiliser les nouveaux résultats de coefficients pour reprendre la modification du zonage.

D'après SEGC, le développement d'éventuelles coulées de boues peut-être écarté compte-tenu de la faible épaisseur constatée des colluvions. En termes de recommandations, SEGC précise que ce risque restera limité sous réserve de conserver le couvert végétal actuel.

Sur les recommandations de constructibilité

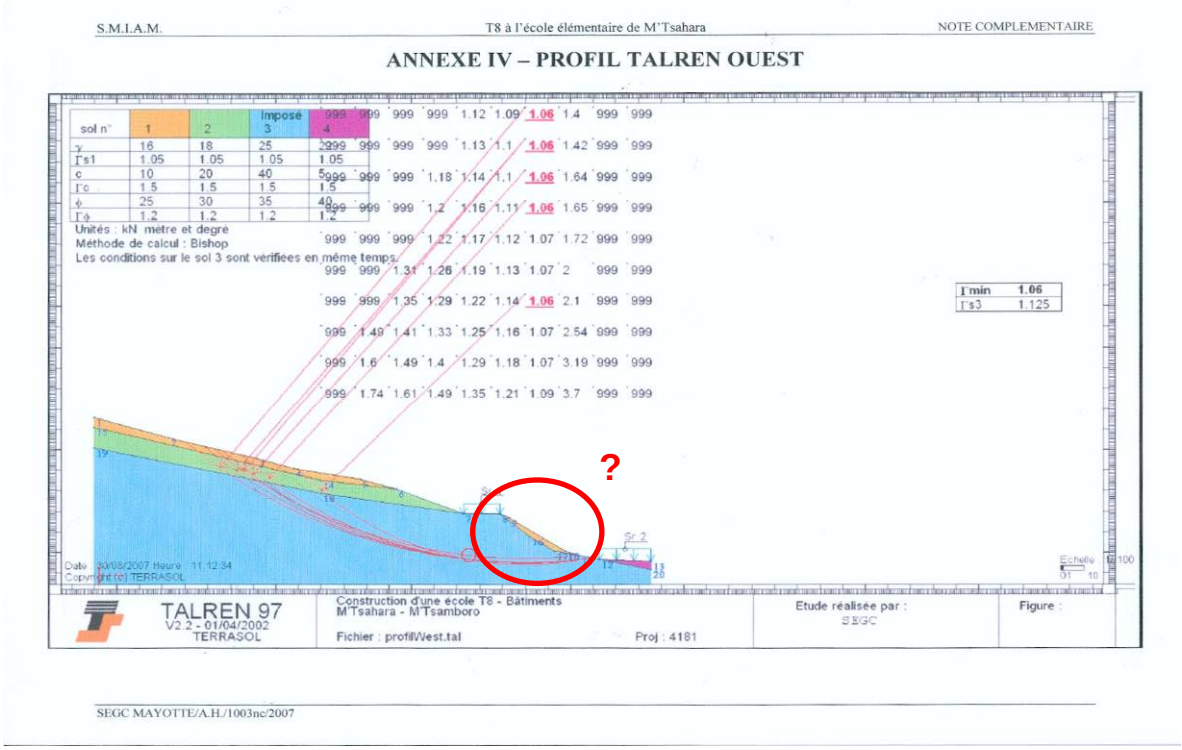
Le rapport initial comme la note complémentaire (missions de type G5), n'examinent pas les conditions de fondation du futur ouvrage car leur objectif est uniquement d'analyser les risques gravitaires de mouvements de terrain. SEGC précise que les modes de fondation du bâtiment et les préconisations avaient été présentées dans une mission antérieure (G11 + G12).

Conclusions

La réalisation de la note complémentaire par SEGC a permis de prendre en compte la plupart des observations faites par le BRGM sur le rapport initial.

Cependant, les valeurs obtenues pour les coefficients de stabilité étant relativement plus proches de 1 que dans le rapport initial (1.06 et 1.24 au lieu de 3.6 et 3.62), le zonage aurait mérité d'être revu compte-tenu de ces nouveaux résultats.

Il aurait également été nécessaire de reprendre séparément le calcul de stabilité pour la partie basse du talus entre la route et le site du projet (cf ci-dessous).



Feuille de calcul extraite de la note complémentaire au rapport SEGC relatif au diagnostic géotechnique pour l'aléa mouvement de terrain de l'Ecole élémentaire T8 de M'tsahara Plage.

9. Note 2007 SAR/MAYOTTE 09

Avis technique concernant l'annexe Phase III – Août 2007 du rapport SEGC n°1000 : "Aménagement du site de Hamaha - SIM - Diagnostic géotechnique aléa mouvement de terrain - Mission de type G5"

C Cluzet

BRGM - Service Géologique Régional Océan Indien

Note 2007 SAR/MAYOTTE 09

Appui 2007 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite :	**Site :** Hamaha
Commune : Mamoudzou	
Participant(s) : C Cluzet (BRGM)	
Objet : avis sur une étude géotechnique	
Demandeur : DE/SEC/HEA	
Diffusion : DE/SEC/HEA et Antenne BRGM de Mayotte	

Circonstances de l'intervention du BRGM

Au mois de Juillet 2007, la Direction de l'Equipement (M. Gremminger - DE/SEC/HEA) a demandé au BRGM un examen critique du rapport SEGC n° 1000 de Mai 2007 - "Aménagement du site de Hamaha - SIM - Diagnostic géotechnique aléa mouvement de terrain - Mission de type G5".
Suite à cela, une note complémentaire à ce rapport a été établie par SEGC en août 2007 et le BRGM a de nouveau émis un avis technique sur cette note à la demande de la DE.
Le 08 Octobre 2007, la DE a demandé au BRGM un nouvel examen critique d'une note complémentaire à ce rapport établie par SEGC qui est censée prendre en compte les conclusions de l'avis donné sur la première note complémentaire.

Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM

La DE a transmis au BRGM sous format numérique les éléments suivants :

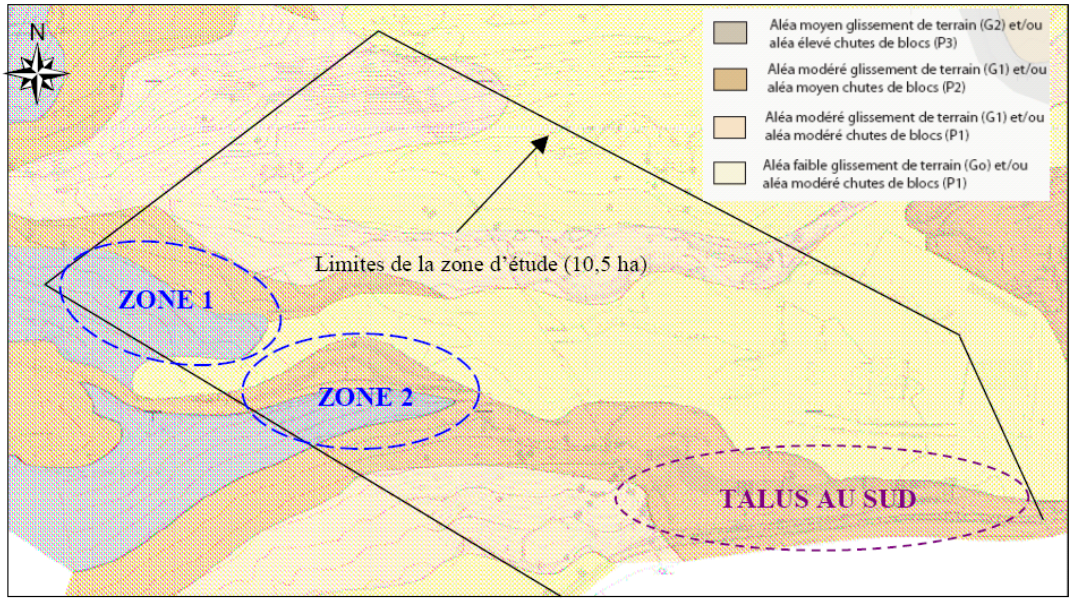
Annexe du rapport SEGC n° 1000 : Phase III - Août 2007 - "Aménagement du site de Hamaha - SIM - Diagnostic géotechnique aléa mouvement de terrain - Mission de type G5".

Observations ressortant des compétences du BRGM

Contrairement à ce que préconisait le BRGM dans l'avis sur la note complémentaire, il n'a pas été réalisé de nouveaux calculs Talren. En effet, les profils Talren présentés imposaient des cercles de calculs dans les basaltes, condition qui peut se révéler trop favorable en matière de stabilité. Des calculs supplémentaires sur le même profil avec des cercles hors du basalte étaient souhaitables pour confirmer le niveau d'aléa dans la zone. On regrettera que ces calculs complémentaires n'aient pas été faits.

Dans la zone Sud Est (zone nommée « Talus au Sud »), où les versants en bordure de RN sont particulièrement redressés, le BET fait état d'une reconnaissance géologique et géotechnique sur la plate-forme en amont de ces talus. Cependant, les résultats de cette reconnaissance ne figurent nulle part. Aucun sondage géotechnique n'a été réalisé dans cette zone. Pour l'instant, seules des observations de type qualitatives sont données (observations géologiques sur le terrain). Il serait préférable de confirmer

ces hypothèses par une étude quantitative (essais géotechniques) et si possible par un calcul Talren sur cette zone escarpée.



Proposition de zonage de l'aléa de l'aléa mouvements de terrain extrait di rapport SEGC n° 1000 : Phase III - Août 2007 - "Aménagement du site de Hamaha - SIM - Diagnostic géotechnique aléa mouvement de terrain - Mission de type G5".

Conclusions :

Les conclusions n'ont pas changé par rapport à l'avis précédent, il serait souhaitable de :

- réaliser un calcul Talren avec des cercles hors du basalte ;
- fournir des explications plus précises (quantitatives) quant à la stabilité et au zonage des talus situés au sud-est de la zone.

En conséquence, il apparaît que la justification du déclassement du zonage d'aléa dans la zone Sud ne paraît pas tout à fait satisfaisante.

10. Note 2007 SAR/MAYOTTE 10

Avis technique concernant le rapport de synthèse SEGC relatif à l'aménagement du site de Hamaha - SIM - Diagnostic géotechnique aléa mouvement de terrain - Mission de type G5

C Cluzet

BRGM - Service Géologique Régional Océan Indien

Note 2007 SAR/MAYOTTE 10

Appui 2007 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite :	**Site :** Hamaha
Commune : Mamoudzou	
Participant(s) : C Cluzet (BRGM)	
Objet : avis sur une étude géotechnique	
Demandeur : DE/SEC/HEA	
Diffusion : DE/SEC/HEA et Antenne BRGM de Mayotte	

Circonstances de l'intervention du BRGM

Au mois de Juillet 2007, la Direction de l'Equipement (M. Gremminger - DE/SEC/HEA) a demandé au BRGM un examen critique du rapport SEGC n° 1000 de Mai 2007 - "Aménagement du site de Hamaha - SIM - Diagnostic géotechnique aléa mouvement de terrain - Mission de type G5".
Suite à cela, le BRGM a émis, à la demande de la DE, deux nouveaux avis techniques relatifs à deux notes complémentaires à ce rapport établies par SEGC en août 2007.
Le 15 novembre, la DE a demandé au BRGM un dernier avis critique du rapport de synthèse établie par SEGC censé prendre en compte les avis donnés sur le rapport initial et les notes complémentaires.

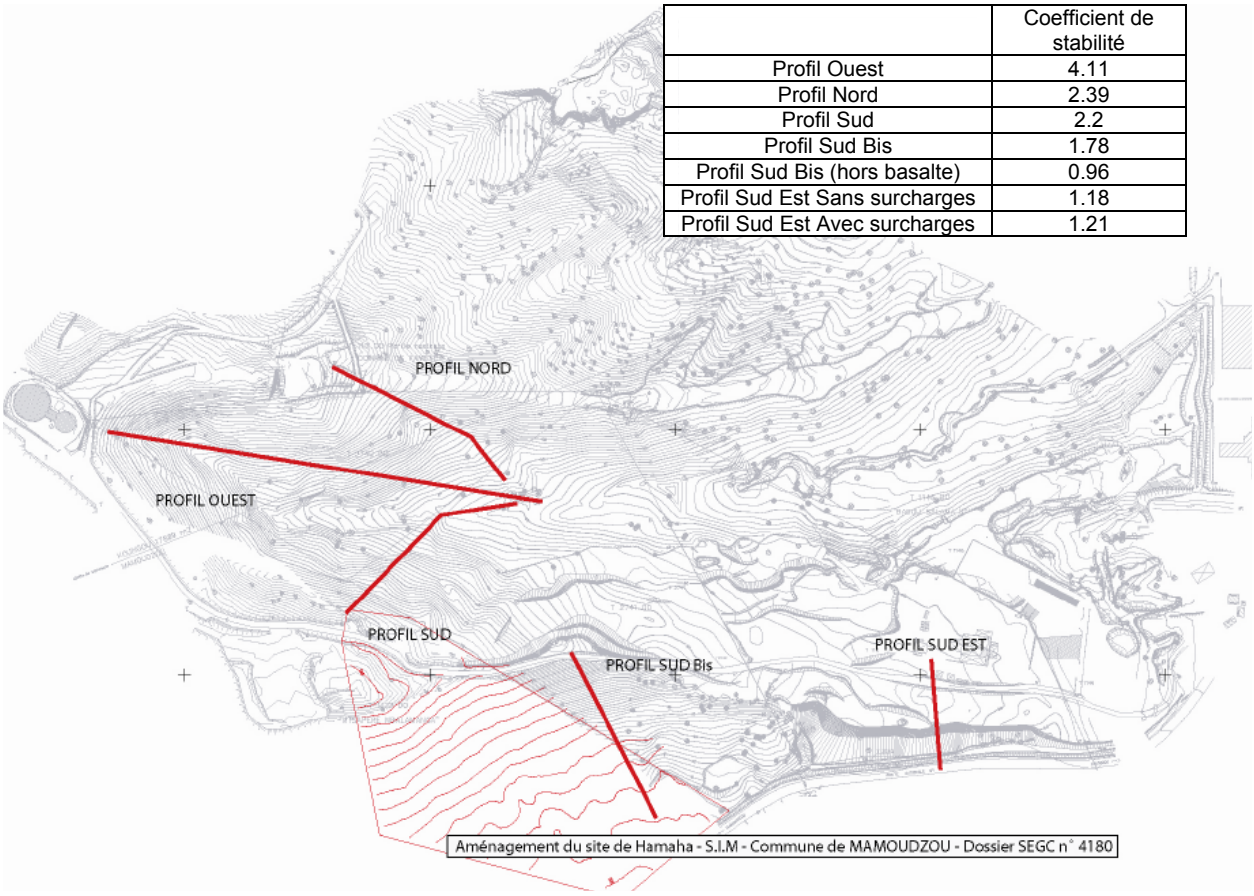
Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM

La DE a transmis au BRGM sous format numérique les éléments suivants : le rapport de synthèse *Aménagement du site de Hamaha - SIM - Diagnostic géotechnique aléa mouvement de terrain - Mission de type G5. Novembre 2007* ; ainsi que les annexes relatives aux modifications effectuées.

Observations ressortant des compétences du BRGM

Sur les modélisations Talren et les recommandations générales

En page 5 du rapport, le BET préconise de dimensionner les murs de soutènements ancrés dans le substratum. Les caractéristiques géotechniques annoncées pour les calculs de poussée derrière les soutènements sont phi' = 25° - c' = 45 kPa et gamma = 16 kN/m^3. Ces caractéristiques, qui semblent être celles des colluvions, ne sont pas cohérentes avec les valeurs prises en compte pour les calculs de stabilité Talren, où c' = 10 kPa. Il est donc demander de rectifier cette erreur dans le rapport d'études.



	Coefficient de stabilité
Profil Ouest	4.11
Profil Nord	2.39
Profil Sud	2.2
Profil Sud Bis	1.78
Profil Sud Bis (hors basalte)	0.96
Profil Sud Est Sans surcharges	1.18
Profil Sud Est Avec surcharges	1.21

Synthèse et localisation des profils de stabilité calculés par modélisations TALREN (d'après le rapport de synthèse SEGC).

- Concernant la Zone 2

Conformément aux recommandations données lors des avis précédents, de nouveaux calculs Talren ont été effectués pour le profil Sud bis de la zone 2. Les précédents calculs imposaient des cercles dans les basaltes (coefficient obtenu 1.78), condition qui peut se révéler trop favorable en matière de stabilité. En effet, les nouveaux calculs effectués avec un cercle hors du basalte mettent en évidence une instabilité du talus (coefficient inférieur à 1). Cette instabilité reste superficielle et ne concerne que la couche de colluvions, relativement peu épaisse.

En termes de recommandations, cette partie de la zone 2 doit rester non aménageable, tel que le rapport du BET le préconise. A noter que le BET, dans la deuxième note complémentaire, préconisait déjà que cette zone ne soit pas aménagée et cela malgré le coefficient de stabilité obtenu (1.78).

Par ailleurs, concernant le versant Nord de cette zone, on notera, que le rapport du BET autorise l'aménagement à proximité de la crête. Même si le rapport demande un reprofilage du versant Nord (15 m de hauteur – penté à 80 %) avant de pouvoir construire à plus de 5 m de la crête, aucun calcul de stabilité ne justifie réellement la stabilité de cette option. Étant donnée la qualité du substratum, il est probable que

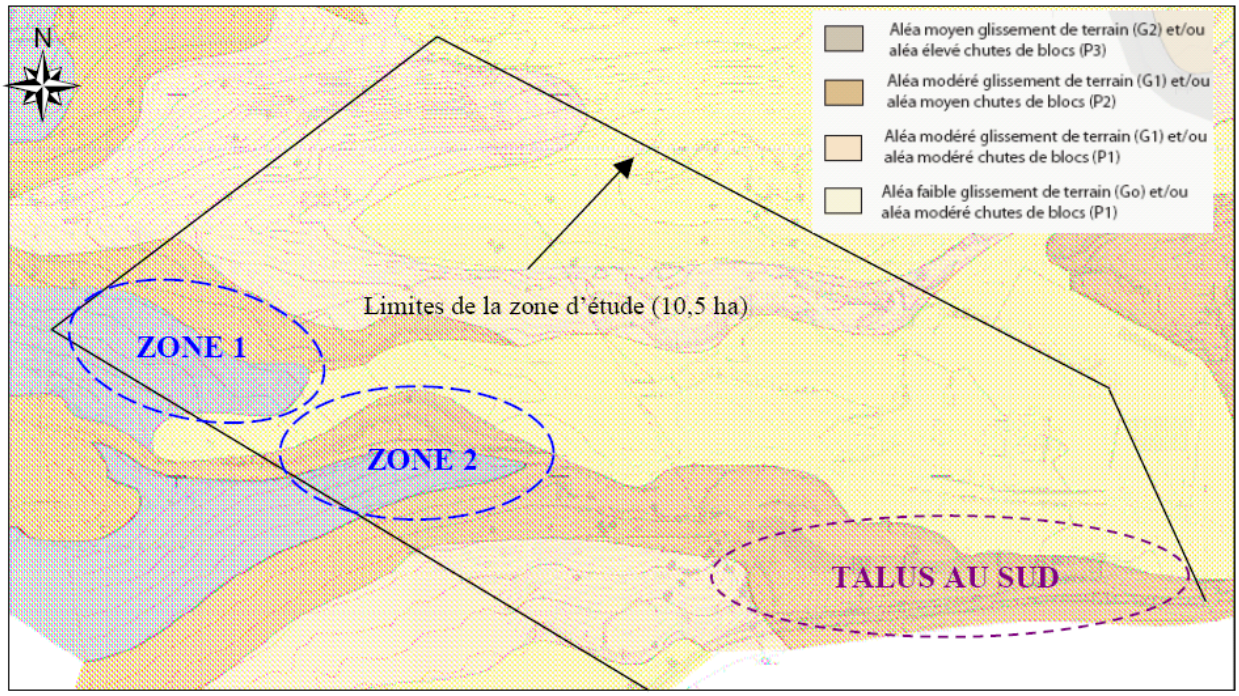
cette option soit justifiée, cependant il serait souhaitable de préciser cela lors des missions G11 et G12 préconisées dans le rapport SEGC.

- Concernant la Zone Sud Est

Concernant le talus de la zone Sud-est, les derniers apports du BET mettent en évidence une stabilité du talus aux glissements en grand. En effet, les résultats de reconnaissances effectuées lors de campagnes précédentes montrent la présence d'un substratum (pyroclastites et altérites) dont les caractéristiques géomécaniques sont suffisantes pour garantir la stabilité du talus.

De plus, cette stabilité a été évaluée quantitativement par des profils Talren (avec et sans surcharges). Les coefficients obtenus confirment les premières interprétations : le talus est stable dans son ensemble et les surcharges n'ont aucune influence sur cette stabilité.

Sur la proposition de modification du zonage des aléas



Proposition de modification des limites d'aléas Mouvement de terrain sur plan topographique au 1/2250^{e} (d'après le rapport de synthèse SEGC).

- Zone Sud bis

Etant donné que les risques d'instabilité restent superficiels (les risques de glissements profonds avaient déjà été écartés), la classification proposée de la zone en aléa moyen de glissements (G2) peut-être retenue. Cependant, l'aléa fort chutes de blocs (P3) sera maintenu, tel que le propose le BET, en raison de la présence de blocs dans des colluvions qui sont sujets à d'éventuels glissements.

- Zone Sud Est

Compte-tenu des reconnaissances effectuées par le BET et des résultats obtenus par les modélisations Talren, ce talus présente une relativement bonne stabilité aux glissements profonds. Toutefois, dans le versant, la présence de placages colluviaux doit justifier une zone limitée d'aléa moyen aux glissements (G2) à mi pente. Cette zone en dehors de la zone de construction, n'aura pas d'incidence sur le projet. De plus, comme le préconise le BET, un aléa moyen chutes de blocs (P2) sera maintenu car les colluvions en présence contiennent des petits blocs facilement mobilisables.

Conclusions

Le rapport de synthèse réalisé par SEGC tient compte des diverses recommandations effectués par le BRGM. Les dernières conclusions amènent les commentaires suivants, toutefois ceux-ci ne sont pas bloquant vis-à-vis de l'instruction dossier :

- Rectifier l'erreur sur la cohésion dans les paramètres de dimensionnement des murs de soutènement (p. 5 du rapport) ;

- dans le cadre des études de faisabilité géotechnique G11-G12 recommandées par SEGC, justifier la stabilité du versant Nord de 15 m de la zone 2 après aménagement du site ;

- dans le versant Sud-Est, intégrer une bande d'aléa G2 à mi-pente tenant compte de la présence de placages colluviaux.

En conséquence, nous n'émettons plus de réserves bloquantes sur la poursuite de l'instruction du dossier par la Direction de l'Equipement.

11. Note 2007 SAR/MAYOTTE 11

Avis technique concernant le rapport de synthèse SEGC relatif au diagnostic géotechnique pour l'aléa mouvement de terrain de l'Ecole élémentaire T8 de M'tsahara Plage, commune de M'tsamboro, Mayotte.

C Cluzet

BRGM - Service Géologique Régional Océan Indien

Note 2007 SAR/MAYOTTE 11

Appui 2007 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite :	**Site :** M'tsahara Plage
Commune : M'tsamboro	
Participant(s) : C Cluzet (BRGM)	
Objet : avis sur étude géotechnique	
Demandeur : DE/SEC/HEA	
Diffusion : DE/SEC/HEA et Antenne BRGM de Mayotte	

Circonstances de l'intervention du BRGM

Au mois de Juin 2007, M. Gremminger (DE/SEC/HEA) a demandé au BRGM un examen critique du rapport établi par le bureau d'études SEGC relatif au diagnostic géotechnique de l'aléa mouvements de terrain au niveau du projet d'école élémentaire de M'tsahara Plage (commune de M'tsamboro). Suite à l'avis donné par le BRGM sur ce rapport, SEGC a réalisé en août 2007 une note complémentaire destinée à prendre en compte les remarques faites par le BRGM. Le 28 Septembre 2007, le BRGM a fourni un nouvel examen critique de ce complément. Le 15 Novembre, M. Gremminger a demandé un dernier avis sur le rapport de synthèse élaboré par SEGC et censé prendre en compte les remarques des derniers avis donnés par le BRGM.

Pièces du dossier fournies par la DE au BRGM

La DE a transmis au BRGM sous format numérique le rapport de synthèse SEGC relatif au diagnostic géotechnique pour l'aléa mouvement de terrain de l'Ecole élémentaire T8 de M'tsahara Plage, commune de M'tsamboro.

Observations ressortant des compétences du BRGM

Sur les modélisations Talren

Compte-tenu des remarques faites lors du 2^{e} avis, des nouveaux calculs ont été effectué pour étudier de façon séparée la stabilité de la partie basse du talus (la plus pentue) située entre la route et le site du projet, immédiatement en amont de l'installation prévue.

Ces calculs sont satisfaisants et ils montrent bien, sur le profil Ouest, que la partie basse du talus est moins stable que l'ensemble du versant.

	Profil Ouest		Profil Est	
	Stabilité en grand	Talus aval	Stabilité en grand	Talus aval
Stade actuel	1.18	1.02	1.12	1.26
Stade final	1.21	1.03	1.29	1.26

Synthèse des coefficients de stabilité issus des modélisations TALREN.

Les nouveaux calculs n'amènent donc pas de changements particuliers quant aux conclusions relatives à la stabilité des talus : la stabilité est considérée comme satisfaisante (coefficients supérieurs à 1).

Sur la proposition de modification du zonage

Depuis le rapport initial, la modification du zonage proposée n'a pas fait l'objet de révision. Les erreurs du premier rapport avaient conduit à des coefficients de stabilité supérieurs à 3 alors que les derniers calculs corrects donnent des résultats beaucoup proches de 1.

La modification du zonage proposée dans le rapport initial peut donc s'avérer trop sécurisante puisque basée sur une surestimation de la stabilité. Il aurait été bon d'utiliser les nouveaux résultats de coefficients (cf ci-dessus) pour reprendre la modification du zonage.

Conclusions

Le rapport de synthèse a permis de reprendre de façon satisfaisante un calcul séparé pour évaluer la stabilité de la partie basse du talus entre la route et le site du projet.

Conformément aux résultats obtenus, la stabilité aux mouvements de terrain de la parcelle est satisfaisante, dans son état actuel ainsi que dans l'état futur qui inclura la construction de l'école élémentaire en projet.

Le zonage des aléas aurait sans doute mérité une révision compte-tenu des nouveaux résultats de coefficients de stabilité mais nous n'émettons plus de réserve bloquante vis-à-vis de la poursuite de l'instruction du dossier par la DE.

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

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