

Appui technique à la Direction de l'Équipement, de l'Aménagement et du Logement dans le cadre de la prévention des risques naturels à Mayotte. Notes d'août 2010 à janvier 2012.

Rapport final

89 3740 46 -625.5 BRGM/RP-60966-FR

BRGM/RP-60966-FR
Mars 2012

Appui technique à la Direction de l'Équipement, de l'Aménagement et du Logement dans le cadre de la prévention des risques naturels à Mayotte. Notes d'août 2010 à janvier 2012.

Rapport final

BRGM/RP-60966-FR

Mars 2012

Étude réalisée dans le cadre des opérations de Service public
du BRGM 10RISH13

D. Tardy

Avec la collaboration de

A. Oppermann, C. Garnier, M. Fontaine, P. Stollsteiner et Y. De La Torre

Vérificateur :

Nom : A. Rey

Date : 09/03/2012

Signature :

Approbateur :

Nom : P. Puvilland

Date : 13/03/2012

Signature :

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique, l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

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



Mots clés : appui technique, Direction de l'Équipement, de l'Aménagement et du Logement, Océan Indien, Mayotte, aléas naturels, risques naturels, mouvements de terrain, inondations, submersion marine.

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

Tardy D., avec la collaboration d'Oppermann A., Garnier C., Fontaine M., Stollsteiner P. et de De La Torre Y., (2012) : Appui technique à la Direction de l'Équipement, de l'Aménagement et du Logement dans le cadre la prévention des risques naturels à Mayotte. Notes d'août 2010 à janvier 2012. Rapport – BRGM/RP-60966-FR.

© BRGM, 2012, 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 DEAL au cours du second semestre de l'année 2010 et de l'ensemble de l'année 2011 ainsi que des notes de janvier 2012. L'élaboration de ces notes est assurée par un géologue, spécialisé en risques naturels, en poste au BRGM de Mayotte ou par des experts du BRGM localisés en métropole ou à La Réunion. Cet appui revêt différentes formes qui ont le plus souvent un caractère d'urgence et demandent une grande disponibilité. Il peut s'agir notamment :

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

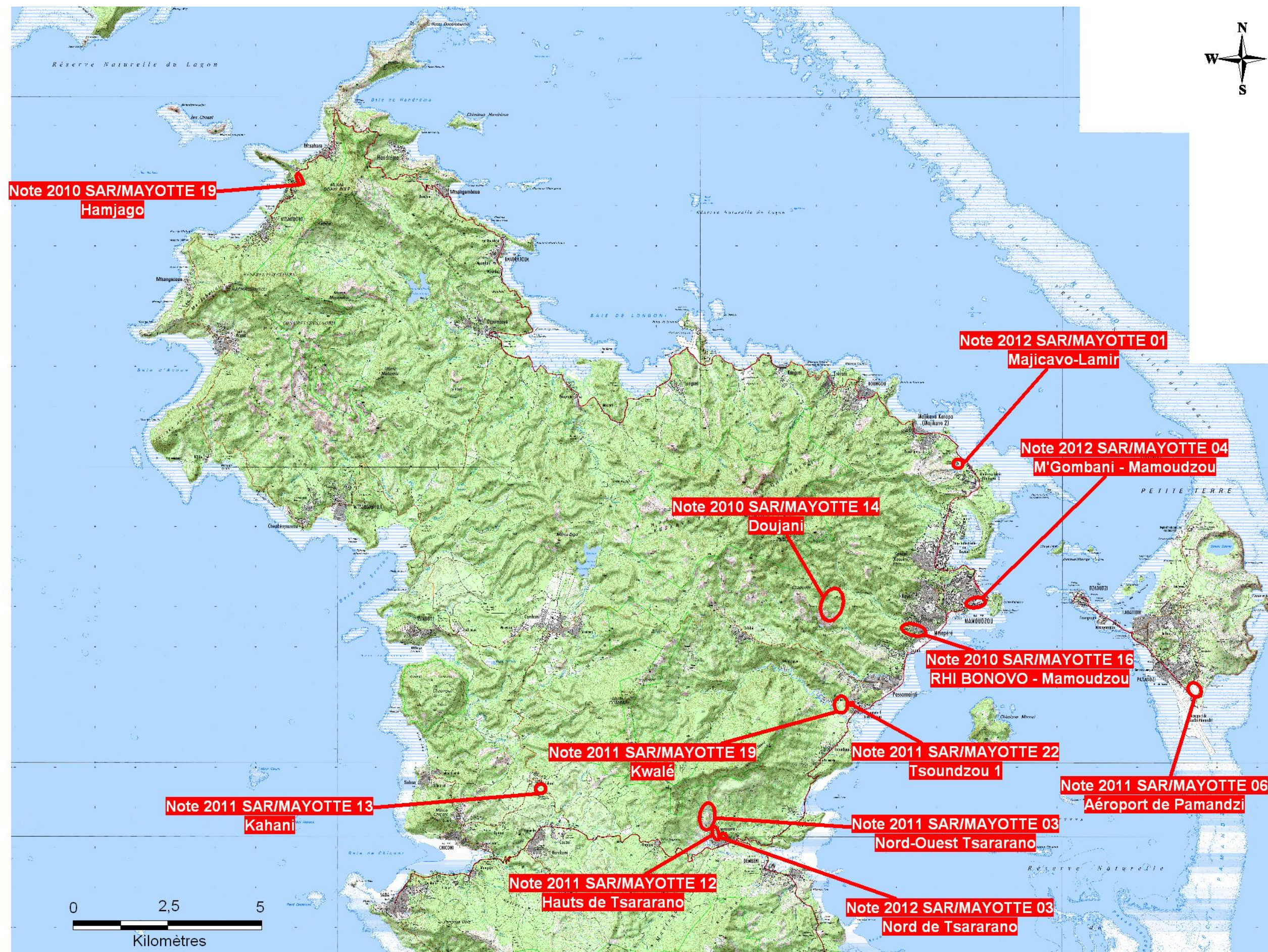
Sommaire

1.	Localisation des notes sur le territoire de Mayotte, d'août 2010 à janvier 2012	7
2.	Note 2010 SAR/MAYOTTE 16. Avis concernant le rapport ANTEA n°58110/A relatif au projet de RHI Bonovo (commune de Mamoudzou)	11
3.	Note 2010 SAR/MAYOTTE 14. Avis relatif à l'étude SEGC concernant le projet Tetrama – carrière Majimbi (Mamoudzou).....	23
4.	Note 2009 SAR/MAYOTTE 03. Précision sur les aléas mouvements de terrain et inondations par débordement de cours d'eau et ravine au droit du projet Hamjago, commune de M'tzamboro	31
5.	Note 2011 SAR/MAYOTTE 03. Expertise du dossier SEGC n°1559 (version D) de mars 2011 pour l'aménagement de la zone Nord-Ouest du village de Tsararano.....	47
6.	Note 2011 SAR/MAYOTTE 06. Précision de l'aléa inondation par ruissellement urbain au droit du projet d'Aérogare à Pamandzi.....	55
7.	Note 2011 SAR/MAYOTTE 12. Expertise du dossier SEGC n°1776 relatif au lotissement de Tsararano Haut sur la commune de Dembénì	65
8.	Note 2011 SAR/MAYOTTE 13. Avis concernant l'étude d'impact sur l'environnement ESPACES relative à la création du lotissement social de Kahani, sur la commun de Ouangani	77
9.	Note 2011 SAR/MAYOTTE 19. Avis concernant l'étude hydraulique ETG n°20092602-hydrau relative au projet d'étude du collège de la Kwalé sur la commune de Mamoudzou.....	85
10.	Note 2011 SAR/MAYOTTE 22. Précision du zonage de l'aléa mouvements de terrain au droit du projet de construction de l'école primaire T18 à Tsoundzou 1, sur la commune de Mamoudzou.....	93

11.	Note 2012 SAR/MAYOTTE 03. Précision sur le zonage de l'aléa mouvements de terrain et inondation pour un projet de T6 pour l'école élémentaire Tsararano.....	101
12.	Note 2012 SAR/MAYOTTE 04. Avis concernant l'étude hydraulique ETG n°20111101-HYD relative au projet de rénovation urbaine de M'Gombani, commune de Mamoudzou	113
13.	Note 2012 SAR/MAYOTTE 01. Avis concernant le projet d'extension et de réhabilitation de la maison d'arrêt de Majicavo vis-à-vis des aléas inondations et submersion marine d'origine cyclonique.....	125

1. Localisation des notes sur le territoire de Mayotte, d'août 2010 à janvier 2012

(Fond © IGN Scan 25)



2. Note 2010 SAR/MAYOTTE 16. Avis concernant le rapport ANTEA n°58110/A relatif au projet de RHI Bonovo (commune de Mamoudzou)



Avis concernant le rapport ANTEA n°58110/A relatif au projet de RHI Bonovo (commune de Mamoudzou)

**Août 2010
C. Garnier, A. Oppermann**

**Note 2010 SAR/MAYOTTE 16
Appui DE 2010**

Service géologique régional de Mayotte
9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni
BP 363
97600 – Mamoudzou France
Tél. : 02 69 61 28 13 – Fax : 02 69 61 28 15



Appui 2009/2010 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite : 09/08/10	Site : RHI Bonovo
Commune : Mamoudzou	
Participant(s) : M. Arino, B. Joly (DE976), A. Oppermann, J. Bernard, C Garnier (BRGM)	
Objet : Avis concernant la validité de l'étude Antea	
Demandeur : DE/SEC/HEA (G.Lefèbvre)	
Diffusion : DE/SEC/HEA et Antenne BRGM de Mayotte	

Circonstances de l'intervention du BRGM

La Direction de l'Équipement, par l'intermédiaire de G. Lefèbvre (cellule Hydraulique Environnement et Assainissement), a sollicité le BRGM pour avoir un avis concernant le rapport ANTEA se rapportant sur le projet d'aménagement de la RHI Bonovo, quartier de M'Tsapéré (commune de Mamoudzou - cf. Illustration 1).

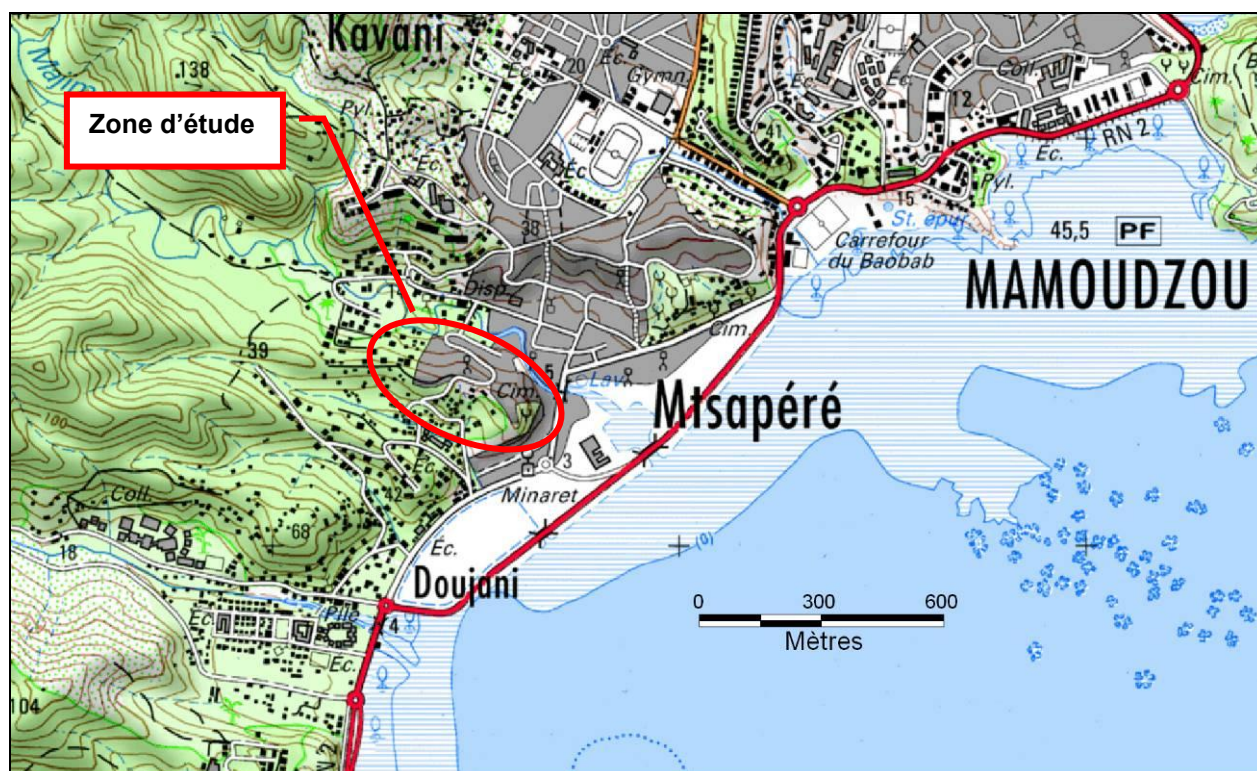
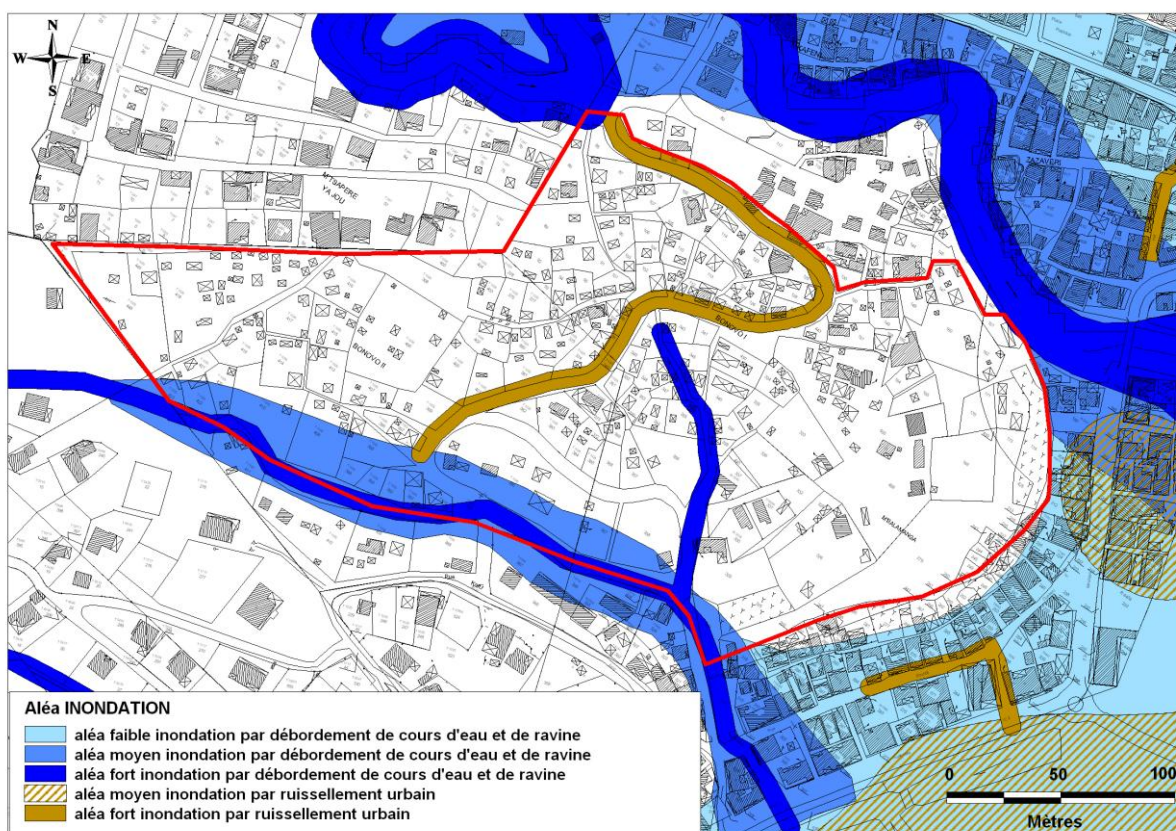
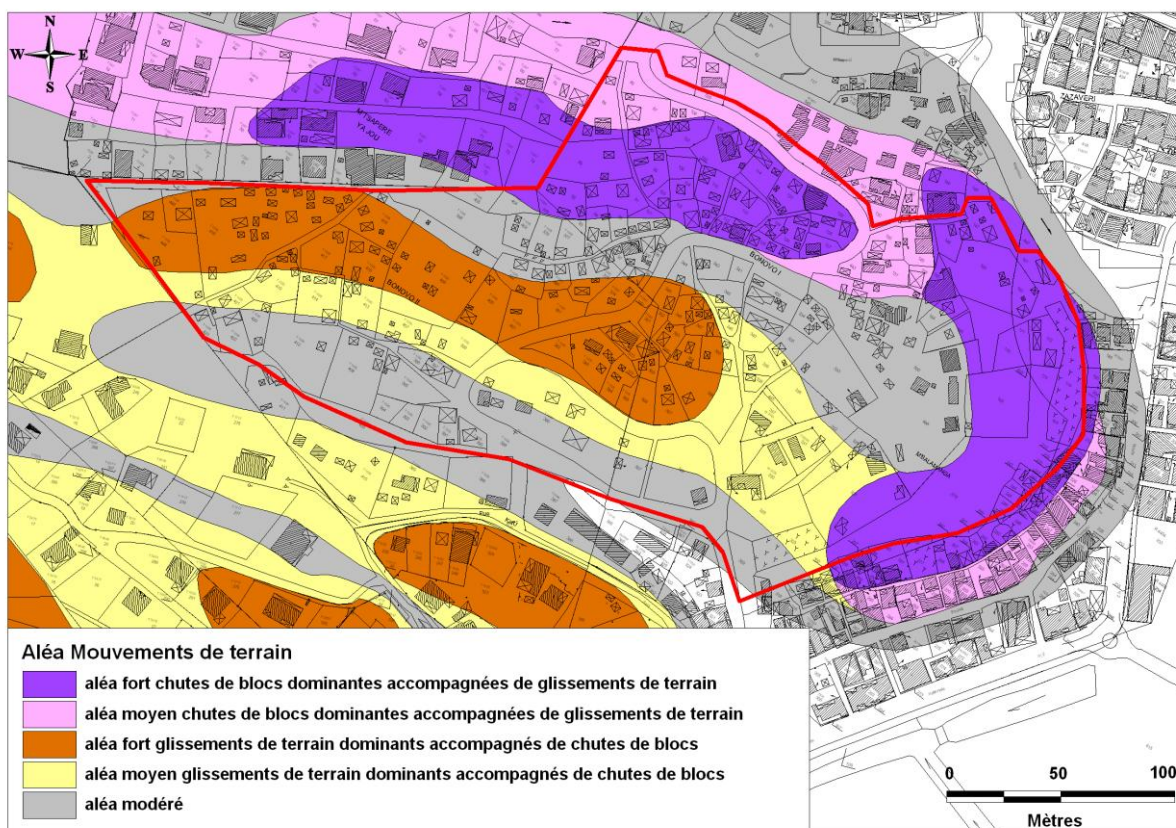


Illustration 1. Localisation de la zone d'étude. Extrait du Scan25 de l'IGN

En complément à l'analyse de l'étude, une visite de terrain a été réalisée le 09 Août 2010 en cours d'après-midi, en présence de Mrs. Arino et Joly de la Direction de l'Équipement.

Les extraits cartographiques ci-après présentent les zonages d'aléas « inondations » et « mouvements de terrain » établis dans le cadre du projet de Plan de Prévention des risques naturels prévisibles de la commune de Mamoudzou.



Pièces du dossier fournies par le demandeur au BRGM

Le rapport ANTEA n°58110/A « *RHI de BONOVO – Etude d'incidence géologique et géotechnique* » daté d'Avril 2010 (commanditaire : SIM), a été transmis par la DE au BRGM.

Observations relatives au contenu de l'étude ANTEA

1. Chapitre 1 « introduction » et Chapitre 2 « Contexte »

Ces chapitres présentent notamment l'objet de la mission, l'environnement de la zone d'étude, et détaillent les éléments exploités par le bureau d'études.

Ces éléments n'amènent aucune remarque particulière de notre part.

2. Chapitre 3 « Diagnostic du site »

On retiendra de ce chapitre les éléments suivants, du fait de leur incidence en matière d'exposition aux risques naturels :

Chapitre 3.1 – Description du site :

- les pentes sur la zone d'étude sont qualifiées de « moyennes à fortes » ;
- la majeure partie de la zone d'étude est actuellement occupée par un habitat traditionnel (tôles, torchis), sans dispositif d'assainissement des eaux usées, tandis que le réseau eaux pluviales est retreint à certains secteurs ;
- il est souligné la présence d'une végétation assez dense, limitant les désordres liés à l'érosion.

Chapitre 3.2 – Contexte géologique :

Selon le BE, les terrains sur l'essentiel de la zone d'étude sont constitués sur plusieurs mètres d'épaisseur de matériaux limono-argileux provenant de l'altération de projections pyroclastiques trachytiques. Dans la partie sud (versant dominant le littoral), l'ossature est constituée de formations basaltiques présentant un état d'altération en boules à différents stades d'avancement.

Chapitre 3.3 – Aspects hydrauliques – aléas inondation :

3.3.1

Le diagnostic réalisé concernant la Ravine Bonovo ne soulève pas de remarque particulière de notre part.

En ce qui concerne l'analyse du zonage d'aléas, **on rejoindra Antea sur sa proposition de reclasser l'axe de I3 (aléa fort inondation par débordement de cours d'eau et de ravine) présent sur le versant sud par une bande d'aléa de type R3 (aléa fort inondation par ruissellement urbain)** (cf. Illustration 2 ci-dessous). Ce classement correspond mieux en effet aux phénomènes de ruissellements concentrés (et ravinement associé) prévisibles dans ce talweg entaillant un versant en majeure partie urbanisé et au bassin d'alimentation faiblement étendu.

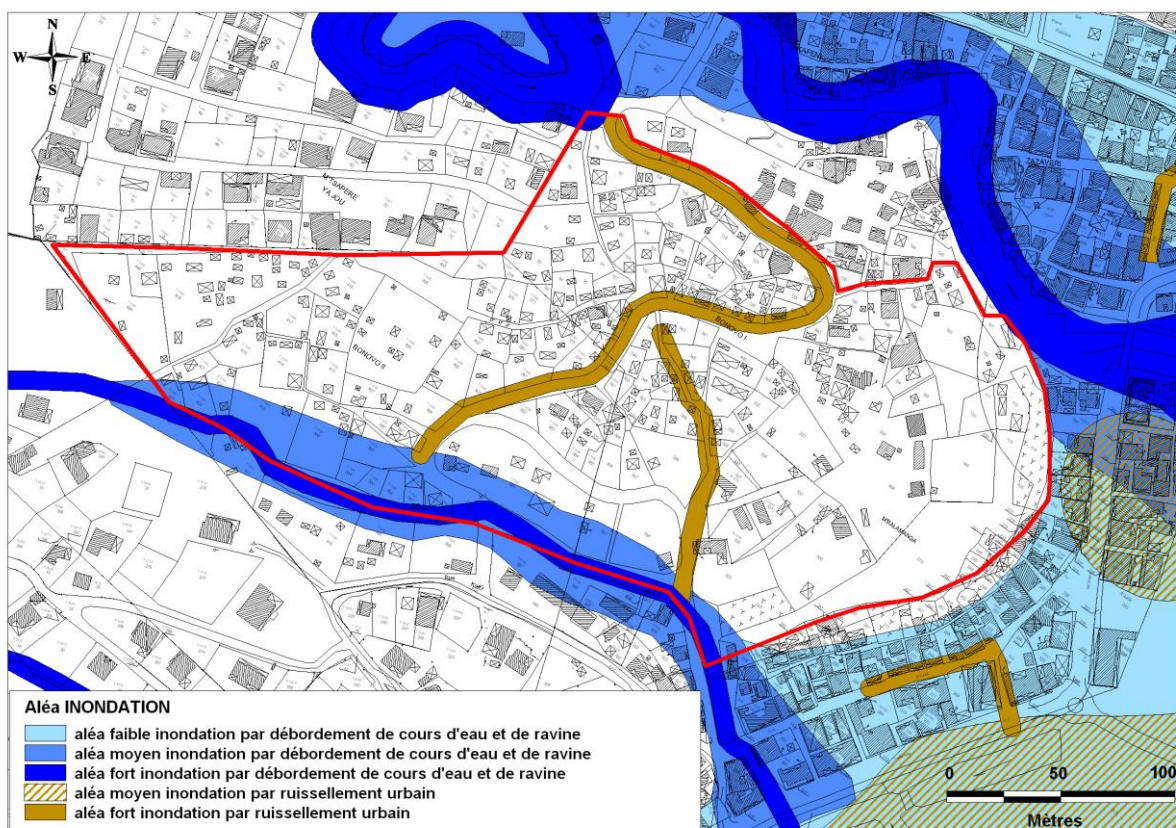


Illustration 2. Zonage de l'aléa inondation modifié d'après le présent avis.

En ce qui concerne la compatibilité avec le projet SIM : la proposition de réaliser une protection de berge le long de la rive gauche de la Rivière Bonovo apparaît recevable. Le dispositif devra être dimensionné sur la base de la crue de référence (crue centennale), en intégrant les contraintes inhérentes à des écoulements à caractère torrentiel (affouillements, etc.).

Antea propose, après réalisation des travaux, de réduire la bande d'aléa fort d'inondation (calage de la zone d'aléa sur la limite de l'aménagement). De façon à maintenir l'accès au bord de rivière et permettre ainsi notamment l'entretien sur le long terme des ouvrages de protection, on recommandera de maintenir en aléa fort, à défaut de la bande actuelle, une bande *a minima* de largeur 5 m à compter du sommet de berge.

3.3.2

Dans ce paragraphe, le BE mentionne que les différents rejets (EP, EU) « favorisent le développement de l'érosion sur des terrains le plus souvent dépourvus de végétation et pentus, donc facilement mobilisables », ce qui semble quelque peu en contradiction avec ce qui est indiqué page 8, selon lequel la végétation est largement présente sur la zone d'étude et les phénomènes érosifs peu actifs.

Les observations réalisées lors de la visite de terrain réalisée le 09/08/10 montrent quant à elles que l'activité érosive est globalement en effet relativement importante sur la zone d'étude et constitue un facteur de déstabilisation potentielle prépondérant. Il apparaît ainsi primordial de porter une attention particulière sur les modalités d'assainissement eaux usées et eaux pluviales du projet d'aménagement.

On rejoint ainsi le BE sur le constat selon lequel les cheminements piétons et autres voies de circulation constituent des axes privilégiés de concentration des écoulements et de ravinement. Antea propose de classer en aléa fort de type R3 l'ensemble de ces cheminements actuels, sur leur largeur réelle (largeur du chemin de 1 à 3 m maximum). On notera que, outre le fait que cette proposition ne se retrouve pas sur le zonage d'aléas modificatif proposé page 22, des bandes de 1 à 3 m de large représentées à l'échelle 1/5 000 seraient pour le moins difficilement lisibles. L'intérêt d'un tel classement « de détail » apparaît de plus limité, dans la mesure où le projet d'aménagement prévoit une reprise complète des axes de circulation.

Chapitre 3.4 – Inventaire des menaces type MVT :

3.4.1

Antea propose principalement le déclassement en aléa moyen du versant nord de la zone d'étude, sur la base des principaux arguments suivants :

- pentes relativement faibles (30 à 35% maximum) ;
- présence à l'affleurement de basaltes altérés en boules mais blocs peu déchaussés et menace limitée à court et moyen terme ;
- versant urbanisé limitant le risque de départ et de propagation dans la pente ;

Les reconnaissances de terrain complémentaires réalisées dans le cadre de cet avis ont permis de préciser la menace sur ce versant :

- les pentes indiquées par le BE semblent globalement sous-évaluées mais se situent dans l'ensemble en deçà du seuil de pente défini (pour la classe de matériaux de type 4) dans le tableau méthodologique utilisé pour le PPR MVT pour la limite aléa fort / aléa moyen (35°) ;
- l'argument selon lequel le versant urbanisé limite la propagation des blocs n'apparaît pas recevable comme critère de qualification de l'aléa, dans la mesure où il convient, selon les usages en vigueur (cf. guide méthodologique), de faire abstraction du bâti pour évaluer cette potentialité (non prise en compte d'ouvrages de protection –en l'occurrence le bâti étant considéré « de fait » comme ouvrages de protection - dans la qualification de l'aléa). Pour autant, les observations confirment l'absence de bloc volumineux pouvant être mobilisé à court voire moyen terme. Le risque de mise en mouvement se limite à des éléments de quelques litres à quelques dizaines de litres (cf. Illustration ci-dessous) ;
- l'épaisseur d'altération du substratum apparaît, sur la zone d'étude, relativement limitée. En matière de glissements de terrain, les instabilités prévisibles s'avèrent au final d'intensité modérée (instabilités peu profondes).



Illustration 3. Exemple de bloc remobilisable sur le versant nord



Illustration 4. Altérites « raides » dénuées de bloc déchaussé de volume significatif – versant nord

En conséquence, **la proposition de zonage modificatif d'Antea relative au versant nord de l'emprise du projet (déclassement en aléa moyen P2G2) apparaît admissible.**

3.4.2

Antea propose de maintenir le classement en aléa fort G3P2 affectant le versant sud, et d'étendre cette zone (donc de surclasser) vers l'Est dans la partie amont du versant. Cette proposition s'appuie notamment sur les arguments suivants :

- facteurs de prédisposition (nature des sols / topographie) ;
- présence d'indices de glissements superficiels ;
- actions anthropiques mal maîtrisées (talus instables, rejets d'eau, etc.) ;
- activité érosive importante ;

Le BE souligne que « *la bonne gestion des eaux de ruissellement permettra de maintenir les sols et d'éviter le développement des instabilités* ». Il est indéniable que la non maîtrise actuelle des rejets constitue un facteur aggravant prépondérant mais une gestion adaptée des eaux usées et pluviales - bien qu'évidemment indispensable - ne constitue pas une mesure suffisante à elle seule pour assurer la stabilité des terrains à plus ou moins long terme, compte-tenu à la fois du stade d'altération avancé des terrains de couverture et des pentes relativement fortes sur la zone.

Concernant le tableau 3 (grille de décision pour la définition de l'aléa glissement de terrain) : s'agissant de sols fins (classe 2 du tableau méthodologique PPR), le critère de pente avancé par Antea pour la transition entre aléa moyen et fort est de 50% (27°) ou 30% (17°) suivant l'existence ou non d'indices d'activité. Le tableau BRGM/DDE/CETE établit quant-à-lui un seuil de pente de 30°, sauf en présence d'escarpement de hauteur 5 m au moins. Le seuil de 30% (17°) retenu par Antea, de même que le seuil de 30% soit 17° pour le passage en aléa moyen, peuvent apparaître trop sécuritaire. L'utilisation de ces critères au-delà de la RHI de Bonovo conduirait semble-t-il à un durcissement significatif du zonage d'aléas MVT par rapport au zonage actuel. Par ailleurs, le tableau proposé par Antea n'intègre pas l'influence (pourtant essentielle) d'éventuels escarpements (naturels ou anthropiques) non confortés dans les critères de zonage.

Concernant le paragraphe « Vérification de la stabilité du versant », on se limitera à indiquer qu'il ne semble pas pertinent d'émettre un avis sur la validité et la portée des résultats présentés en l'absence de l'ensemble des éléments d'étude exploités (contenu de l'étude AME, nature des sols A et B identifiés, localisation du profil, etc.). On notera toutefois que les calculs Talren réalisés, sur la base des indications figurant dans le rapport Antea, ne semblent pas avoir pris en compte l'influence de conditions hydrogéologiques défavorables, et ce alors même que au regard de la nature des sols, cela constitue un facteur essentiel dans la stabilité des pentes.

Au delà de ces remarques et en s'appuyant sur les reconnaissances de terrain complémentaires réalisées dans le cadre de cet avis, les propositions suivantes sont émises :

- Suivant ainsi la proposition d'Antea et en conformité avec les critères de zonage adoptés sur le reste du territoire de Mamoudzou, **le principe d'un surclassement en aléa fort G3P2 de la partie orientale du versant sud est validé** ;
- Une bande de sécurité d'aléa moyen G2P2 a été intégrée au zonage en amont de la l'aléa fort P3G2 à l'Est de la zone d'étude ;
- Le tracé de l'aléa fort MVT proposé par Antea n'est pas repris *in extenso* mais est localement ajusté au contexte topographique selon les observations effectuées lors de la visite du 09/08/10 (cf. Illustration 5 ci-dessous).

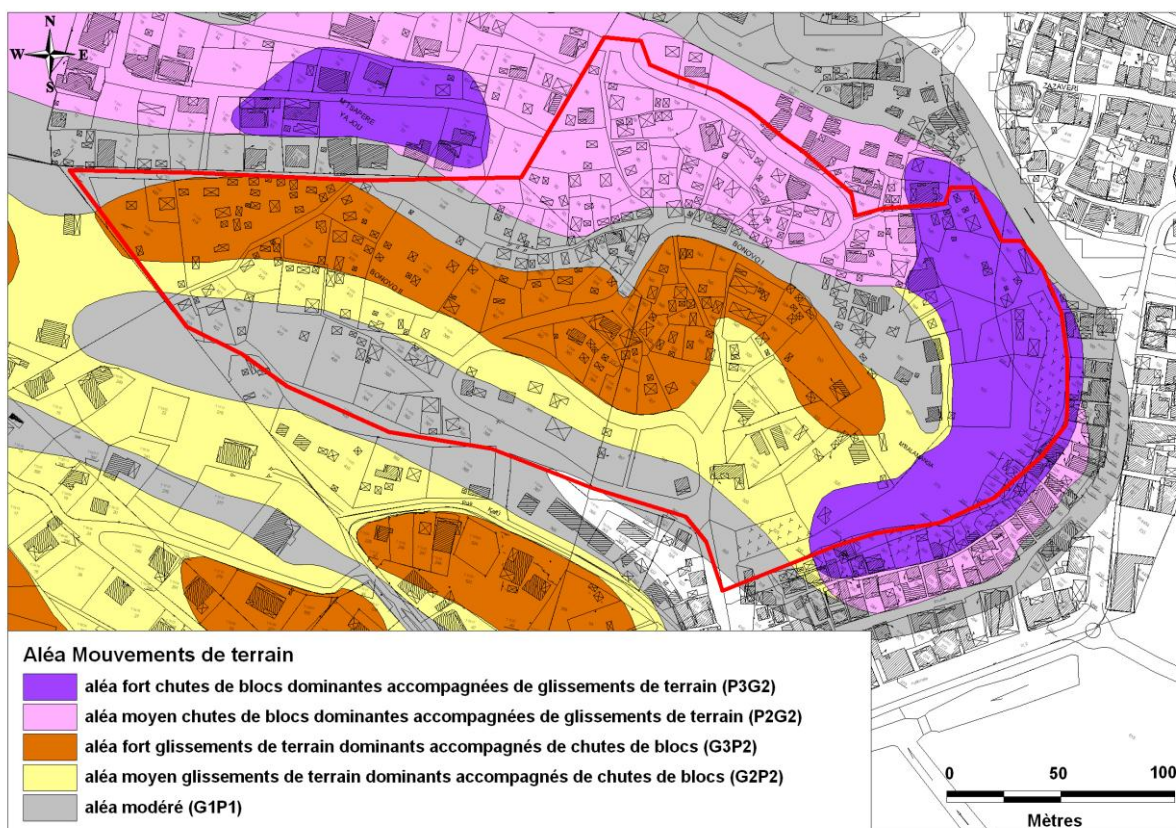


Illustration 5. Zonage de l'aléa mouvements de terrain modifié d'après le présent avis.

3. Chapitre 4 « Conclusion »

Pas de commentaire particulier.

Conclusion

L'analyse de l'étude Antea et la visite de terrain réalisée dans le cadre de cet avis conduisent à proposer une modification du zonage d'aléas MVT du projet PPR. On insistera sur la nécessité, dans le cadre de l'aménagement projeté, d'apporter une attention toute particulière aux modalités de gestion des eaux usées et pluviales, celles-ci constituant un facteur aggravant prépondérant dans le déclenchement d'éventuelles instabilités.

3. Note 2010 SAR/MAYOTTE 14. Avis relatif à l'étude SEGC concernant le projet Tetrama – carrière Majimbi (Mamoudzou).



Direction de l'Équipement
de Mayotte

Avis relatif à l'étude SEGC concernant le projet Tetrama - carrière Majimbini (Mamoudzou).

**Prise en compte des éléments d'étude
transmis le 11 Août 2010**

Août 2010
C. Garnier

Note 2010 SAR/MAYOTTE 14

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 2010 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite : /	Site : Majimbini
Commune : Mamoudzou	
Participant(s) : C. Garnier (BRGM)	
Objet : Avis complémentaire sur l'étude SEGC produite par le maître d'ouvrage	
Demandeur : DE/SEC/HEA (G.Lefèbvre)	
Diffusion : DE/SEC/HEA et Antenne BRGM de Mayotte	

Cette note s'inscrit dans le cadre de l'avis émis par le BRGM concernant l'étude SEGC portant sur le projet de création d'une carrière d'extraction de matériaux à Doujani (cf. note 2010SAR/Mayotte 12 et 2010SAR/Mayotte 13).

Elle porte sur l'analyse des derniers éléments d'étude transmis par SEGC (T. Razafinjaka) par mail en date du 11 Août 2010 :

- courrier SEGC référencé GEO/TR/11/2010, daté du 11 Août 2010 ;
- résultats de calculs de stabilité Talren.

Observations relatives aux éléments complémentaires transmis par SEGC :

Les principales observations peuvent être faites :

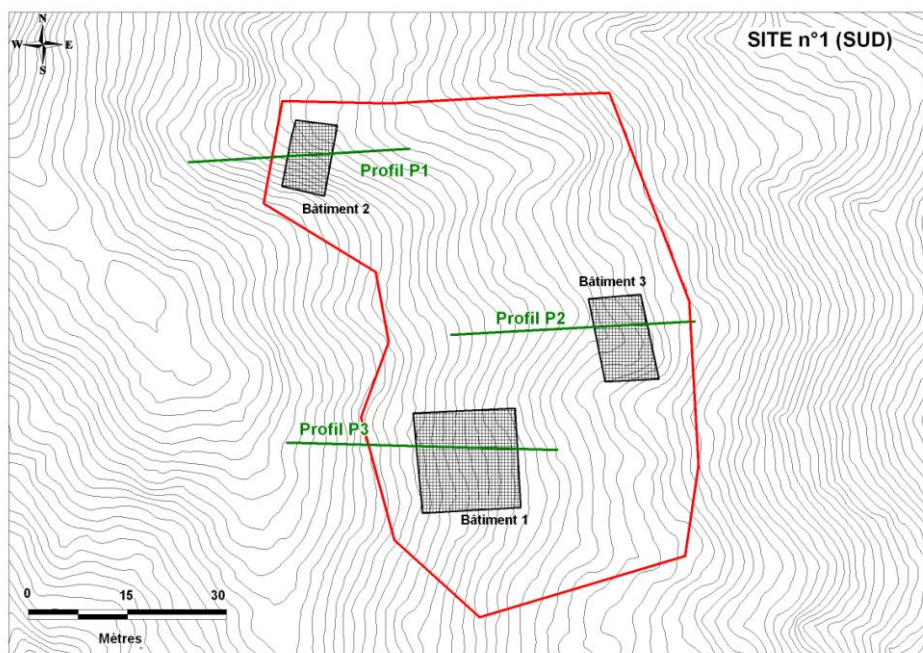
- Concernant les caractéristiques de sols injectés dans le logiciel Talren :

- les valeurs finalement retenues sont :
 - Colluvions : $\phi' = 29^\circ$; $c' = 10 \text{ kPa}$; $\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$;
 - Altérites : $\phi' = 32^\circ$; $c' = 32 \text{ kPa}$; $\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$;
- Ces valeurs, notamment en ce qui concerne la cohésion, nous semblent plus en rapport avec les valeurs classiquement rencontrées à Mayotte pour ces types de matériaux. De plus, sans remettre en question la validité des essais de cisaillement réalisés dans le cadre de l'étude, les valeurs retenues peuvent apparaître plus représentatives des conditions réelles sur l'ensemble de l'emprise des deux sites.

- Concernant le choix des profils simulés dans Talren :

Les mêmes profils que précédemment ont été modélisés (3 profils sur le site 1, un profil sur le site 2) :

- Site 1 : leur implantation est globalement cohérente et permet d'apprécier les conditions de stabilité sur l'ensemble de la zone. Néanmoins, concernant le profil P2, on notera qu'il a été positionné sur une butte et qu'il aurait été préférable de le décaler légèrement. Toutefois, compte-tenu du coefficient de sécurité calculé (1,19 avec nappe), cela ne remet pas en question fondamentalement la validité des résultats ;

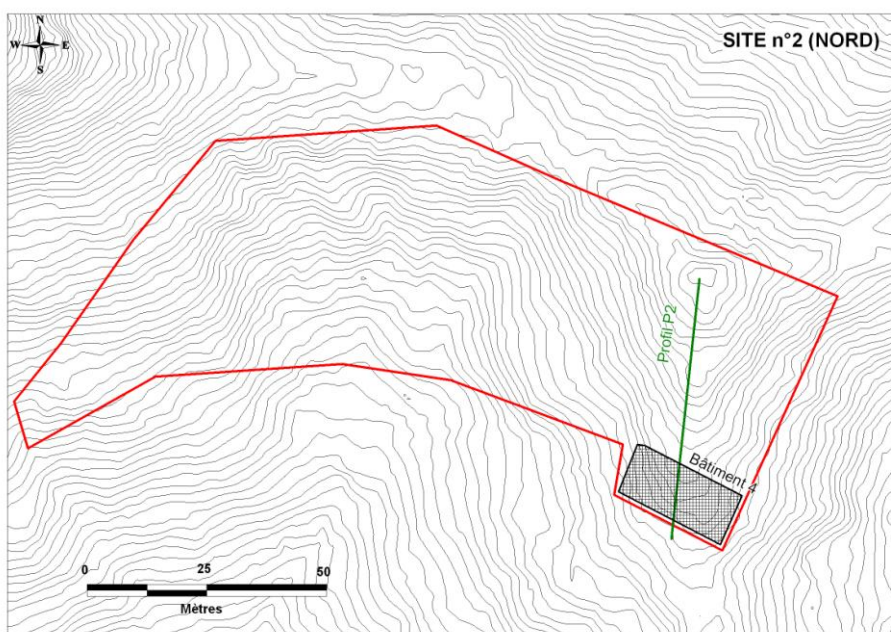


Implantation des profils Talren – site 1

- Site 2 : le profil simulé P2 a été implanté par SEGC de façon à pouvoir déterminer les conditions de stabilité du bâtiment 4. Néanmoins, dans la mesure où là encore son implantation se situe sur une légère butte (axe nord-sud), il aurait été souhaitable de pouvoir effectuer un profil complémentaire positionné selon un axe d'orientation plus nord-est / sud-ouest par exemple.

Le fait d'avoir « décomposé » le profil P2 en deux sous-profils distincts n'appelle pas de remarque défavorable de notre part.

Par ailleurs, on peut regretter que la zone accueillant le stockage de matériaux et la guérite de pesée (en partie nord de la zone, sous la ligne de crête) n'ait pas fait l'objet de modélisation.



Implantation des profils Talren – site 2

- Concernant les résultats des modélisations Talren :

Les résultats des modélisations sont les suivants :

Site 1 :

Profils	Sans nappe	Avec nappe
P1	1,98	1,46
P2	1,22	1,19
P3 actuel	1,28	1,14
P3 projet	1,18	1,08

Site 2 :

Profils	Sans nappe	Avec nappe
P2 actuel amont	1,46	1,25
P2 actuel aval	1,25	1,08

Par rapport aux calculs effectués précédemment, les simulations jointes en annexe au courrier transmis par SEGC soulignent que les modélisations ont été faites de façon à mieux représenter les conditions de stabilité des niveaux supérieurs des versants (tranche superficielle des altérites sur le site 1, colluvions et tranche superficielle des altérites sur le site 2). La valeur des CS calculés apparaît au final plus représentative de la sensibilité au glissement des pentes modélisées.

Concernant le site 2, on notera que le bâtiment à créer se situe dans la partie inférieure du profil modélisé, dont le CS calculé est de 1,08.

Conclusion :

Les éléments d'étude complémentaires transmis par SEGC concluent à la stabilité des deux sites du projet. Concernant le site 1, la remarque formulée concernant l'implantation du profil P2 ne nous semble pas « bloquante ». Il en est de même concernant l'implantation du profil P2 du site 2 : selon SEGC la butte sur laquelle sera implanté le bâtiment va être arasée.

Par contre concernant le site 2, on insistera sur l'absence de profil de simulation au niveau de la zone de stockage de matériaux. En fonction ou non des terrassements qui seront fait pour aménager cette zone de stockage (création d'une plate-forme ?), les matériaux stockés pourraient constituer une surcharge suffisamment importante pour potentiellement déstabiliser le versant en aval. Aussi, s'il s'avère que ces apports ne sont pas compensés par les déblais qui seraient nécessaires pour aménager la zone de stockage (ce que les éléments d'étude ne permettent pas d'apprécier), il semble nécessaire d'envisager la réalisation d'au moins un profil de stabilité supplémentaire.

Dans le cas contraire, sur la base des éléments en notre possession, la proposition formulée par SEGC de déclassement en aléa moyen des deux sites nous semble recevable.

On attirera l'attention sur le fait que les CS modélisés de 1,08 sur le site 1 (P2) et sur le site 2, restent somme toute « limites ». Il convient en conséquence de respecter fidèlement l'ensemble des mesures de sécurisation prévues par SEGC.

4. Note 2009 SAR/MAYOTTE 03. Précision sur les aléas mouvements de terrain et inondations par débordement de cours d'eau et ravine au droit du projet Hamjago, commune de M'tzamboro



Direction de
l'Équipement de
Mayotte

Précision sur les aléas mouvements de terrain et inondations par débordement de cours d'eau et ravine au droit du projet de lotissement à Hamjago, commune de M'tzamboro.

Septembre 2010
C. Garnier, A. Oppermann

Note 2010 SAR/MAYOTTE 19
Appui DE 2010-2011

Service géologique régional de Mayotte
9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni
BP 363
97600 – Mamoudzou France
Tél. : 02 69 61 28 13 – Fax : 02 69 61 28 15



Appui 2009/2010 à la Direction de l'Équipement de Mayotte	
Date de la visite : 15/09/2010	Site : Hamjago Nord-est
Commune : M'tzamboro	
Participant(s) : A. Oppermann	
Objet : Précision des aléas mouvements de terrain et inondation	
Demandeur : DE/SEC/HEA (G.Lefèbvre)	
Diffusion : DE/SEC/HEA et Antenne BRGM de Mayotte	

Circonstances de l'intervention du BRGM

La Direction de l'Équipement, par l'intermédiaire de G. Lefèbvre (cellule Hydraulique Environnement et Assainissement), a sollicité le BRGM pour avoir un avis sur la précision des aléas (mouvements de terrains et inondation par débordement de cours d'eau et ravine) au droit d'un projet de lotissement à Hamjago (cf. Illustration 1). Ces aléas ont été cartographiés dans le cadre de l'atlas des aléas de la commune de M'tzamboro.



Illustration 1. Localisation de la zone d'étude. Extrait du Scan25 de l'IGN.

Pièces du dossier fournies par le demandeur au BRGM

La DE et le bureau d'étude CET en charge du projet ont transmis au BRGM le plan de localisation du projet et un plan de masse.

Observations ressortant des compétences du BRGM

1. Description générale du site

Le site est localisé sur les hauteurs de Hamjago, plus précisément au Nord-Est du village. La parcelle se situe en amont de la Route Nationale 1 et elle est en partie urbanisée comme le montre l'illustration 2.



Illustration 2. Extrait des Orthophotos 2008 de l'IGN, échelle 1/2000

Données issues des travaux du BRGM

D'après la cartographie des aléas naturels établie dans le cadre de l'atlas des aléas de la commune de M'tzamboro remis à jour en 2009¹, la zone d'étude est concernée par des aléas mouvements de terrain de niveau fort et moyen et par un aléa inondation par débordement de ravine de niveau fort.

L'extrémité Sud de la zone d'étude ainsi qu'une partie nord-est sont concernées par un aléa fort glissements de terrain dominants accompagnés de chutes de blocs. Le reste de la parcelle est classé en aléa moyen (cf. Illustration 3).

Le site est également soumis à un aléa fort inondation par débordement de ravine au niveau de la partie centrale et à l'extrémité sud-ouest (cf. Illustration 4).

¹ C. Cluzet, A. Oppermann, A. Malard, L. Françoise. (2009) : Mise à jour des atlas des aléas naturels sur 12 communes de Mayotte, commune de M'tzamboro. Rapport BRGM/RP-57083-FR, 30 p., 20 figures.

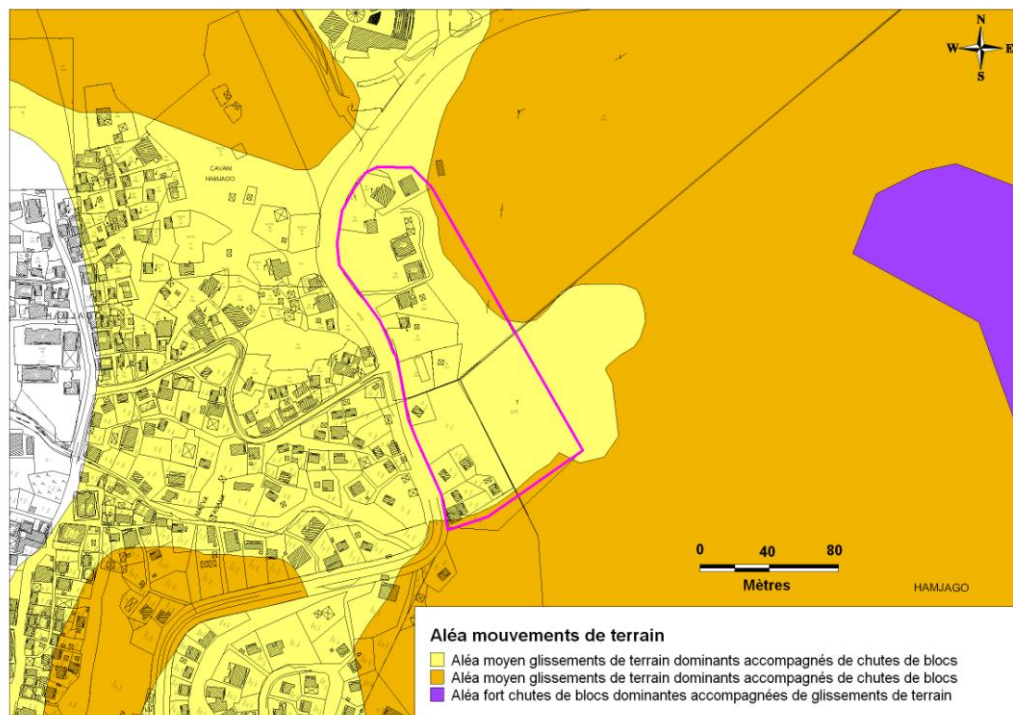


Illustration 3. Extrait du zonage de l'aléa mouvements de terrain, issu de l'atlas des aléas de la commune de M'tzamboro, au droit de la zone d'étude.

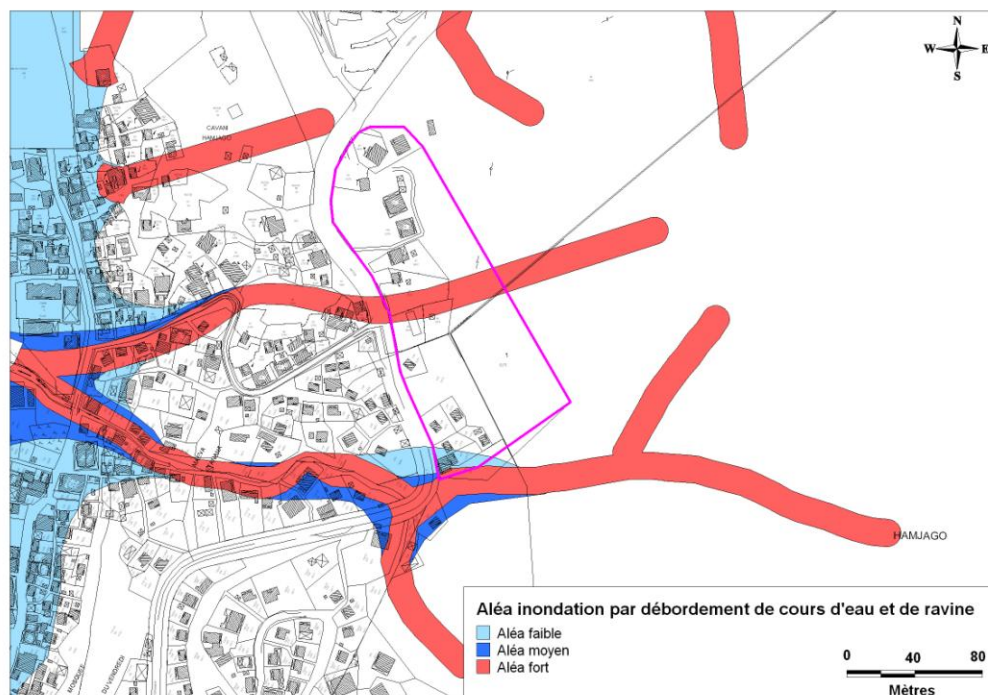


Illustration 4. Extrait du zonage de l'aléa inondation, issu de l'atlas des aléas de la commune de M'tzamboro, au droit de la zone d'étude.

Observations relatives à la visite de terrain

- Nature des matériaux

La visite de terrain a permis de mettre en évidence la nature des matériaux rencontrés au droit du site accueillant le projet de lotissement. Le sol est composé, en surface et sur une épaisseur estimée de plusieurs mètres, d'éléments fins infra millimétriques de type limons ou argiles ainsi que de blocs basaltiques résiduels de taille décimétriques (cf. Illustration 5). Cette constitution caractérise des colluvions latéritiques à blocs. Sous ces matériaux, il est probable de trouver une couche d'altérites évoluées et compacts.



Illustration 5. Eléments fins (matrice prépondérante) et blocs décimétriques (reliques de lave basaltique) caractérisent les colluvions latéritiques composant le sol au droit du site. Photos BRGM

- Morphologie du site

D'un point de vue morphologique, le site est relativement accidenté et marqué par les terrassements anthropiques (hauteur maximale de 5 m) suite à l'aménagement de la voirie et des habitations (cf. Illustration 5, la photo de droite). En moyenne, les pentes sont de l'ordre de 15° à 20° le long du profil naturel au niveau du site. En amont du site, les pentes sont plus abruptes et atteignent des valeurs de pente supérieures à 30° (cf. Illustration 6).



Illustration 6. Extrait du Modèle Numérique de Terrain de 2008 de l'IGN, courbes de niveau 1 m. On observe sur l'illustration 6 la ravine d'orientation ouest-est marquant la limite sud du projet.

- Facteurs d'instabilités

Parmi les facteurs d'instabilités pouvant aggraver les aléas et notamment l'aléa mouvements de terrain on retiendra pour ce site :

- les écoulements des eaux pluviales provenant de l'amont sur le sol dénudé de végétation entraînent un ravinement et une érosion intense du terrain. De plus, ces écoulements permettent la « libération » des blocs résiduels de leur matrice limoneuse et une possible remobilisation de ceux-ci en cas de conditions météorologiques défavorables ;
- les terrassements et/ou talus représentent un danger dans la mesure où leur stabilité n'est pas assurée et dans la mesure où des travaux de confortement n'ont pas été engagés ou bien dans le cas contraire mal dimensionnés ;
- l'occupation du sol en amont de la zone d'étude est de type agricole avec la présence de cultures maraîchères (manioc, bananes) dont l'exploitation ne permet pas le maintien des terrains et bien au contraire favorise l'érosion.

2. Précision de l'aléa mouvements de terrain

La méthodologie utilisée dans la cartographie pré-existante de l'aléa mouvements de terrain correspond à celle employée dans le cadre de l'élaboration des atlas des aléas des communes de Mayotte. Désormais, la démarche utilisée pour l'évaluation de l'aléa mouvements de terrain à Mayotte est celle employée dans le cadre de la réalisation

des projets de Plan de prévention des Risques sur 5 communes de l'île. Cette démarche consiste à réaliser une approche de type expertise naturaliste (analyse géomorphologique privilégiée).

Les observations effectuées sur le terrain (nature des matériaux, topographie du site, relevés des facteurs d'instabilité, occupation du sol, écoulement des eaux) ont permis de modifier partiellement le zonage de l'aléa mouvements de terrain (cf. Illustration 10) :

- A l'extrémité sud de la zone d'étude, la bande d'aléa fort a été remodelée et décalée vers le sud étant donnée la topographie du terrain et l'absence d'indice d'instabilité (cf. Illustration 8) ;
- au Nord-Est de la zone d'étude, la butte d'altérites surmontée d'une couche de colluvions latéritiques a été classée en aléa fort avec une bande de sécurité en contrebas. De même pour le terrassement réalisé pour la construction d'une maison juste à côté de la butte (5 m au Nord) (cf. Illustration 9) ;
- au Nord-Est de la zone d'étude, l'aléa fort concernant les lots 39 et 40 (cf. plan de masse du projet en annexe) a été levé du fait de la réduction de cette zone de sécurité en aval d'un versant ne présentant pas d'indice d'instabilité en l'état.



Illustration 8. Extrémité Sud de la zone d'étude. Photo BRGM



Illustration 9. Butte instable en bordure de voirie au sein de la zone d'étude. Photo BRGM

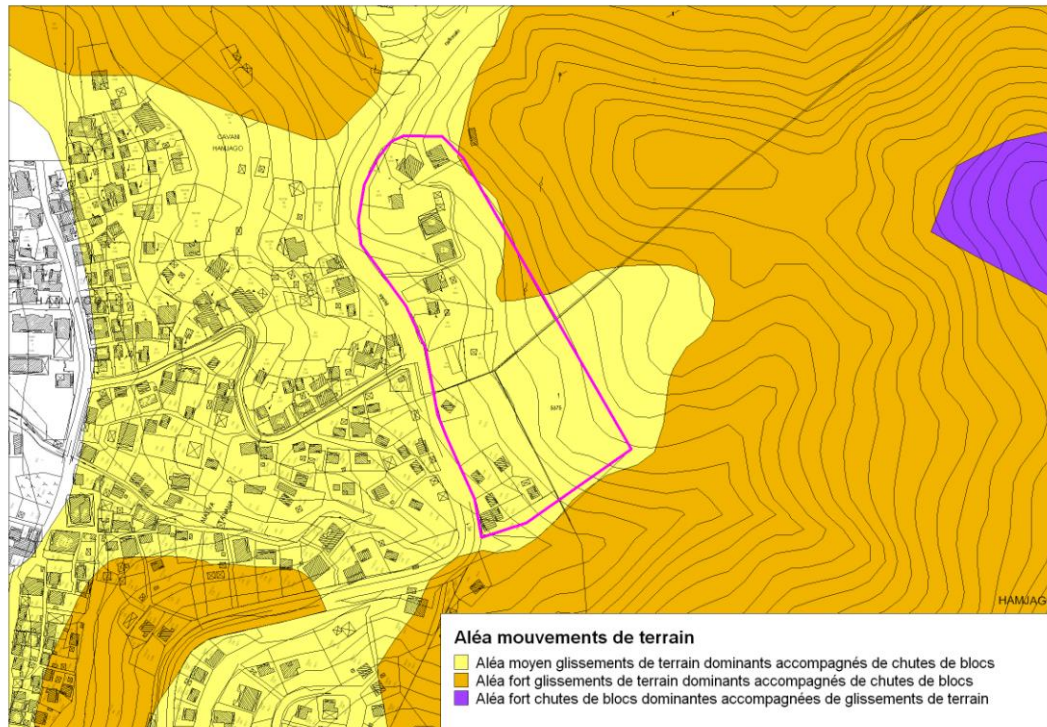


Illustration 10. Zonage de l'aléa mouvements de terrain modifié d'après le présent avis et intégré dans la cartographie de l'atlas des aléas de la commune de M'tzamboro. Echelle 1/1500.

3. Précision de l'aléa inondation

Les relevés au GPS ainsi que l'interprétation du MNT ont permis d'affiner le positionnement des axes d'écoulement des ravines impactant la zone d'étude. Ces talwegs sont classés en aléa fort d'inondation par débordement de ravine (cf. Illustration 11). Au final, la ravine cartographiée initialement et traversant la zone d'étude en partie centrale a disparu et les écoulements d'eaux pluviales sont collectés par un caniveau relié à la voirie. C'est pourquoi l'aléa fort a été levé. Par contre, en aval de la zone d'étude on retrouve un bout de la ravine non canalisé d'où la conservation d'une bande d'aléa fort à cet endroit.

Au Sud-Ouest de la zone d'étude, la parcelle du lot 26 (cf. Plan de masse du projet en annexe) est « touchée » par un aléa fort inondation incluant l'érosion de berges. La bande d'aléa fort mise en place de part et d'autre de l'axe d'écoulement du cours d'eau intègre en effet l'action de l'érosion sur les berges et les instabilités associées.

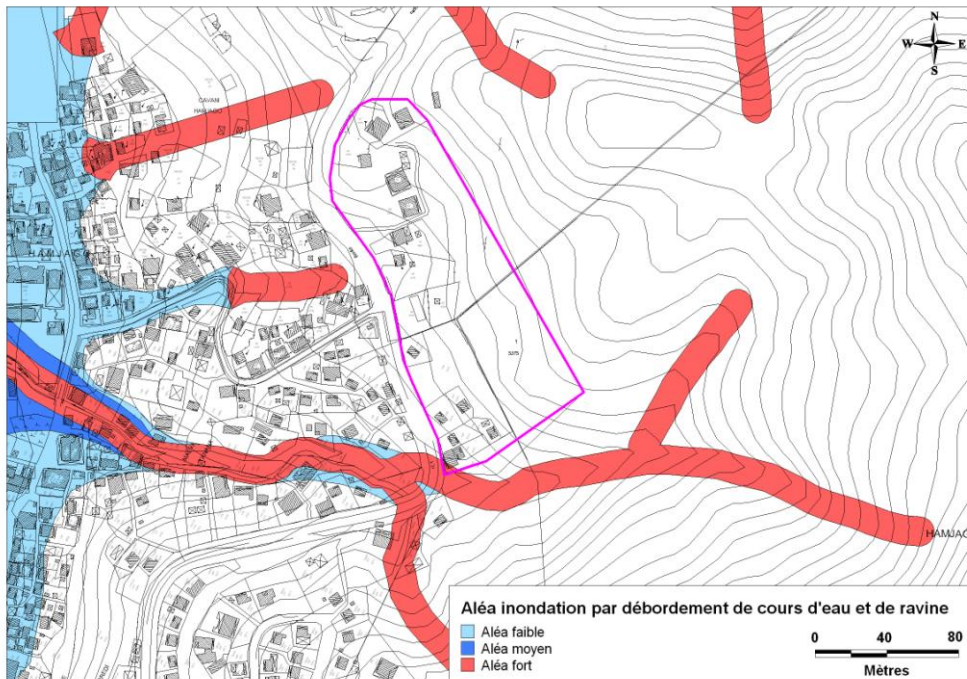


Illustration 11. Zonage de l'aléa inondation modifié d'après le présent avis et intégré dans la cartographie de l'atlas des aléas de la commune de M'tzamboro.

Conclusion

En résumé, on retiendra que les zonages des aléas mouvements de terrain et inondation établis dans le cadre de l'atlas des aléas de la commune de M'tzamboro ont été modifiés du fait notamment des observations de terrain et de l'utilisation du Modèle Numérique de Terrain de l'IGN permettant de préciser la topographie du site.

Au vu du plan de masse du projet (cf. Annexe), seul le lot 38 est concerné par un aléa fort mouvements de terrain étant donnée notamment l'insuffisance de travaux de confortement des terrassements effectués pour la mise en place de la voirie ou d'habitations.

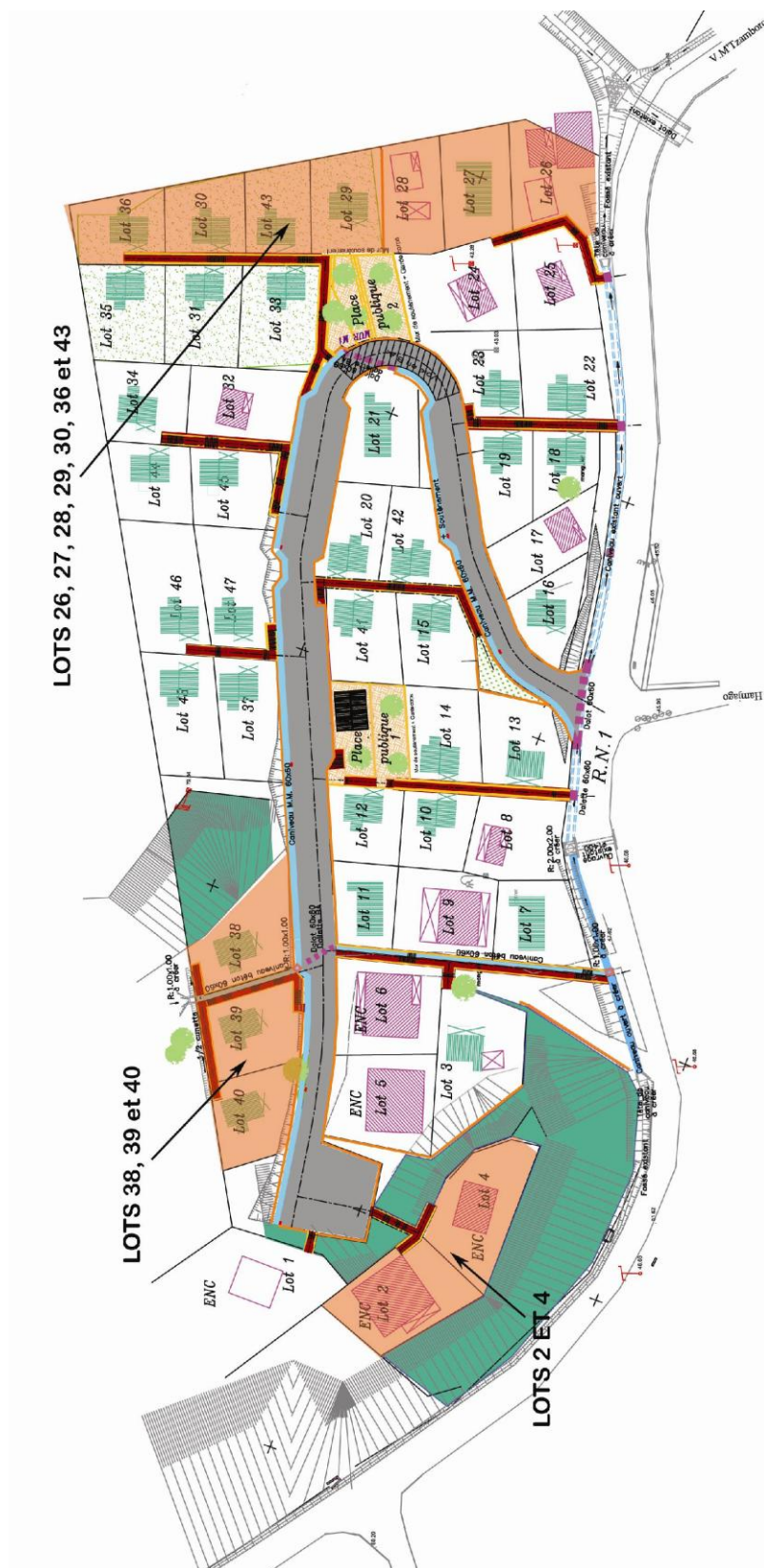
Concernant l'aléa inondation par débordement de ravine, le positionnement des talwegs des deux ravines a été reprécisé et seule la parcelle du lot 26 est affectée par un aléa fort inondation dans le sens où elle est potentiellement soumise à une érosion de berges lors d'épisodes pluvieux intenses.

Une attention toute particulière devra être apportée, lors de l'élaboration du projet, pour la gestion des eaux pluviales et usées de manière à ce que tous les écoulements d'eau quel qu'ils soient puissent être collectés par un réseau correctement dimensionné et entretenu.

Il conviendra également de veiller à ce que l'occupation du sol en amont du projet (parcelles cultivées en l'état) n'aggrave pas le risque en aval.

ANNEXE

Plan de masse du projet fourni par le bureau d'étude CET



5. Note 2011 SAR/MAYOTTE 03. Expertise du dossier SEGC n°1559 (version D) de mars 2011 pour l'aménagement de la zone Nord-Ouest du village de Tsararano



Expertise du dossier SEGC n°1559 (version D) de mars 2011 pour l'aménagement de la zone Nord-Ouest du village de Tsararano

**Mai 2011
A. Oppermann**

**Note 2011 SAR/MAYOTTE 03
Appui DE 2010-2011**

Service géologique régional de Mayotte
9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni
BP 363
97600 – Mamoudzou France
Tél. : 02 69 61 28 13 – Fax : 02 69 61 28 15

Rapport BRGM RP-60966-FR – Rapport final



Appui 2010-2011 à la DEAL de Mayotte	
Date de la visite : /	Site : Tsararano Nord-Ouest
Commune : Dembèni	
Participant(s) : /	
Objet : Analyse de l'étude complémentaire	
Demandeur : DEAL/SEPR/RN (G. Lefèbvre)	
Diffusion : DEAL/SEPR/RN et Antenne BRGM de Mayotte	

Circonstances de l'intervention du BRGM

La DEAL de Mayotte par l'intermédiaire de G. Lefèbvre (cellule Risques Naturels), a sollicité le BRGM pour une expertise sur le dossier SEGC n°1559 pour l'aménagement de la zone Nord-Ouest de Tsararano, commune de Dembèni.

Ce projet avait donné lieu à une première note technique BRGM 2009 SAR/MAYOTTE 11 datée de juin 2010, puis à une seconde note référencée BRGM 2009 SAR/MAYOTTE 14 datée d'août 2010, après analyse des premiers éléments d'étude de SEGC. Ces premiers avis du BRGM avaient conclu à la nécessité que des éléments d'études complémentaires soient produits par SEGC.

Une réunion a eu lieu à la Mairie de Dembèni le 14 septembre 2010 à ce sujet, entre la Mairie, l'ARSM, la DEAL, le BRGM et SEGC.

La présente note concerne l'analyse de ces éléments complémentaires adressés par SEGC.

Pièces analysées par le BRGM

Documents analysés dans le cadre des deux premiers avis :

- rapport SEGC n°1559 datant de Janvier 2010 et intitulé « Aménagement de la zone Nord-Ouest du village de Tsararano » (document transmis par la DEAL au BRGM)
- courrier SEGC référencé GEO/TR/09/2010, daté du 29 juillet 2010 (transmis par SEGC par mail en date du 09 août 2010)

Document complémentaire faisant l'objet du présent avis (transmis par la DEAL en date du 11 mars 2011)

- note complémentaire au dossier n°1559, datant de mars 2011

Observations relatives aux éléments complémentaires transmis par SEGC :

Lors de la réunion du 14 septembre 2010 puis lors d'un entretien avec SEGC, il avait été convenu :

- d'améliorer la connaissance des matériaux sur le site (prélèvement d'échantillons complémentaires et réalisation d'essais in situ) ;
- de compléter les simulations de stabilité (5 profils supplémentaires répartis de façon homogène) en intégrant les aménagements de protection de talus proposés par SEGC.

En ce qui concerne les valeurs de C' et Phi' prises en compte:

Il a été réalisé 3 prélèvements d'échantillons intacts supplémentaires pour effectuer des essais de cisaillement à la boîte de Casagrande de type CD, portant le nombre total à 5 prélèvements. La localisation de ces 3 prélèvements, sur les flancs Ouest et Sud-Ouest du site, a été convenu entre le BRGM et SEGC, de manière à obtenir une connaissance uniforme sur le site des valeurs de C' et de Φ' pour les altérites et les colluvions en vue des simulations de stabilité dans ces secteurs.

Ces résultats complètent ceux de la première campagne et une synthèse de l'ensemble des essais est présentée dans le tableau ci-dessous, repris du rapport SEGC.

Numéro du prélèvement	CD1	CD2	CD3	CD4	CD5
Matériau	Colluvions	Altérites	Altérites	Colluvions	Colluvions
Profondeur de prélèvement	1,0 m/TN	4,0 m/TN	2 m/TN	0,5 m/TN	1,5 m/TN
Cisaillement CD : Cohésion Angle de frottement interne	$C' : 12,08 \text{ kPa}$ $\varphi' : 26,1^\circ$	$C' : 13,86 \text{ kPa}$ $\varphi' : 35,8^\circ$	$C' : 22,43 \text{ kPa}$ $\varphi' : 29,3^\circ$	$C' : 5,70 \text{ kPa}$ $\varphi' : 32,7^\circ$	$C' : 17,90 \text{ kPa}$ $\varphi' : 31,3^\circ$

Ces valeurs semblent représentatives des matériaux reconnus sur le site. Nous avons précédemment souligné que la cohésion des altérites (19 kPa ramenée par la suite à 13 kPa) nous semblait quelques peu surévaluée. On constate que pour le CD3, la valeur de cohésion pour les altérites atteint 22 kPa, témoignant ainsi de disparités marquées au sein de ces matériaux. Il en est de même pour ce qui est des colluvions, les résultats des essais en laboratoire montrent des valeurs de C' discordantes.

En ce qui concerne les résultats des modélisations :

5 nouveaux profils ont été modélisés en incluant la lithologie, la morphologie du site, les observations de terrain et les aménagements proposés par SEGC.

Les valeurs de sols annoncées dans le tableau précédent ont été correctement injectées dans les modélisations sous le logiciel Talren © TERRASOL figurant en annexes.

Conformément à notre demande exprimée dans l'avis initial, le BE a effectué les modélisations en intégrant l'influence de conditions hydrogéologiques potentiellement défavorables (présence d'une nappe d'eau superficielle fictive). Même si, comme le souligne SEGC, aucune nappe d'eau n'a été observée en sondage ni sur l'ensemble du site, on ne peut exclure, en conditions extrêmes, la formation de petites nappes dans les niveaux superficiels (minorant les caractéristiques des matériaux) ou le développement de pressions interstitielles dans certaines fissures.

Les résultats de ces nouvelles simulations sont les suivants :

	$\Gamma_{\min}$	N°Zone
Profil 1	0.98	1
Profil 2	0.75	1
Profil 3	1.57	2
Profil 4	1.22	2
Profil 5(*)	1.06 et 1.2	3

(*) Le profil P5 en l'état actuel et avec aménagement

Les éléments suivants peuvent être soulignés :

- 3 zones ont été délimitées en fonction du principe de définition de micro-bassin de risque. En effet, ces 3 zones d'aléa fort ont été découpées en fonction de la topographie et des observations de terrain. Pour chaque zone, des modélisations ont été réalisées en tenant compte des propositions d'aménagements pour la zone ;
- Les profils 1 et 2 concernant la zone n°1 mettent en évidence les conditions d'instabilité du versant Ouest du site, malgré les aménagements proposés et intégrés dans les simulations par le BE ;
- Le profil 3 intégrant le mur existant montre que le talus est stable. Le BE propose en complément un muret au-dessus du mur existant qui permettrait de retenir d'éventuels blocs. Nous proposons en complément que les quelques blocs (en dehors du méga-bloc) aperçus sur le terrain lors de notre visite soit directement purgés ;
- Le profil 4 concernant le versant Sud (zone n°2) met en évidence la stabilité de la zone avec les aménagements proposés par le BE ;
- Le profil 5 montre que le talus est actuellement « en limite » de stabilité. Dans le cas d'un aménagement de la zone (n°2) (re-talutage et création d'un mur de soutènement), le talus serait stable d'après la modélisation effectuée par le BE.

Le BE indique dans son rapport que lors de la visite de terrain il a été observé des terrassements récents permettant la mise en évidence d'altérites moins profondes par rapport aux résultats du sondage SPs2 initial (cf. dossier SEGC n°1559 version A) ce qui a pour incidence une diminution de l'épaisseur de la couche colluvionnaire superficielle. Lors de notre première reconnaissance de sol dans le cadre du premier avis BRGM (2009 SAR/MAYOTTE 11), nous avons précisé que les talus anthropiques, notamment dans le secteur Sud-Est du site, mettaient en évidence les altérites surmontées par les colluvions d'épaisseur plus ou moins importante (<1m dans cette zone). Au final, les observations du BE et du BRGM sont concordantes, et en conséquence, le BE signale que la modélisation du profil 5 a été réalisée avec une couche de colluvions d'épaisseur moindre par rapport au profil initial P1 dans la version B du dossier.

En ce qui concerne les propositions d'aménagement des talus :

Les aménagements proposés par le BE n'appellent pas d'observations particulières de notre part. Toutefois, on retiendra l'attention sur le fait que chacun de ces ouvrages devra être, après réalisation, soumis à validation par un « homme de l'art » pour que le zonage des aléas puisse être modifié en conséquence.

Il est également indispensable de prendre toutes les précautions nécessaires dans le cadre du projet d'aménagement, notamment en ce qui concerne les conditions d'assainissement (gestion des EU / EP).

Conclusions

Sur la base des simulations de stabilité réalisées en complément et décrites dans le présent avis, nous sommes d'accord avec le nouveau zonage des aléas mouvements de terrain proposé par SEGC pour l'ensemble de la zone d'étude. On retiendra notamment que :

- La zone n°1 (Sud-Ouest du secteur étudié – profils 1 et 2) reste en aléa fort glissements de terrain dominants, potentiellement accompagnés de chutes de blocs par rapport au zonage proposé par le BRGM dans la note 2009 SAR/MAYOTTE 11) ;

- La zone n°2 (Sud du secteur étudié – profils 3 et 4) est intégralement déclassée en aléa moyen glissements de terrain dominants, potentiellement accompagnés de chutes de blocs ;
- La zone n°3 (Sud-Est du secteur étudié – profil 5) est déclassée en aléa moyen glissements de terrain dominants, potentiellement accompagnés de chutes de blocs. La limite entre aléas moyen et fort est décalée vers le Nord et se situe selon la cartographie proposé par le BE en bordure de la parcelle n°77.

Nous insistons sur le fait que ce zonage ne pourra être définitivement approuvé que si les aménagements proposés sont réalisés en totalité sur chacune des trois zones délimitées et ce en bonne conformité par rapport aux recommandations du BE, puis soumis à la validation de services compétents.

6. Note 2011 SAR/MAYOTTE 06. Précision de l'aléa inondation par ruissellement urbain au droit du projet d'Aérogare à Pamandzi



Précision de l'aléa inondation par ruissellement urbain au droit du projet d'Aérogare à Pamandzi

Mai 2011
A. Oppermann

Note 2011 SAR/MAYOTTE 06
Appui DEAL 2010-2011

Service géologique régional de Mayotte
9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni
BP 363
97600 – Mamoudzou France
Tél. : 02 69 61 28 13 – Fax : 02 69 61 28 15



Appui 2010-2011 à la DEAL de Mayotte	
Date de la visite : 09/05/2011	Site : Aéroport de Pamandzi
Commune : Pamandzi	
Participant(s) : JM Ducasse (SEAM), M. Arino (DEAL/SEPR/RN), A. Oppermann (BRGM)	
Objet : Evaluation de l'aléa inondation par ruissellement urbain	
Demandeur : DEAL/SEPR/RN (G. Lefèbvre)	
Diffusion : DEAL/SEPR/RN et Antenne BRGM de Mayotte	

1. Circonstances de l'intervention du BRGM

La DEAL de Mayotte par l'intermédiaire de G. Lefèbvre (cellule Risques Naturels), a sollicité le BRGM pour la précision de l'aléa inondation par ruissellement urbain au droit du projet d'Aérogare mené par le groupe SNC Lavalin.

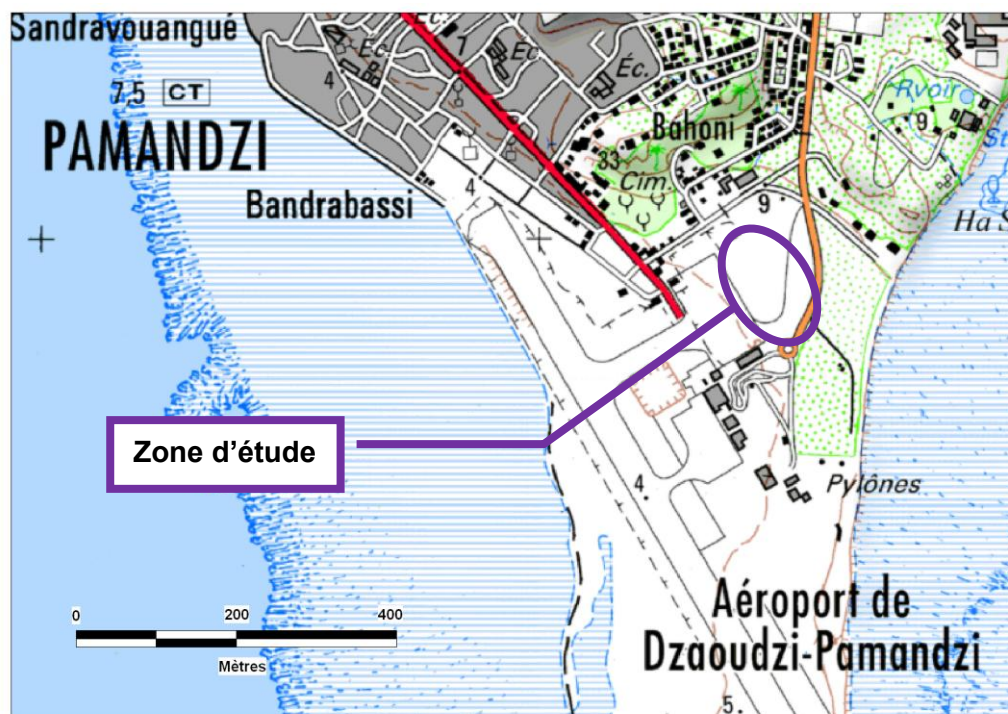


Illustration 1. Localisation de la zone d'étude (fond IGN scan25)

2. Zonage des aléas inondations actuel selon le projet PPR de la commune de Pamandzi

D'après la cartographie de l'aléa inondation établie à l'échelle du 1/5 000 dans le cadre du projet de Plan de Prévention des Risques de la commune de Pamandzi, la zone d'étude est partiellement couverte par un aléa inondation par ruissellement urbain de niveau moyen, c'est-à-dire qu'elle se situe dans un secteur d'accumulation et de stagnation d'eau de ruissellement consécutive à un déficit de collecte des eaux pluviales par les ouvrages hydrauliques existants (cf. Illustration 2).

On rappelle que l'évaluation de l'aléa inondation par ruissellement en zone urbaine repose sur :

- le diagnostic du réseau pluvial réalisé en 2006 à la demande du Conseil Général de Mayotte par le groupement BCEOM/ EMO/ TEMA²,
- l'analyse de la superficie et pente des petits bassins versants urbains et des collecteurs principaux,
- une évaluation des écoulements potentiels de ces petits bassins versants,
- une visite de terrain afin de cerner les différentes zones de formation, de transfert de stockage du ruissellement urbain.

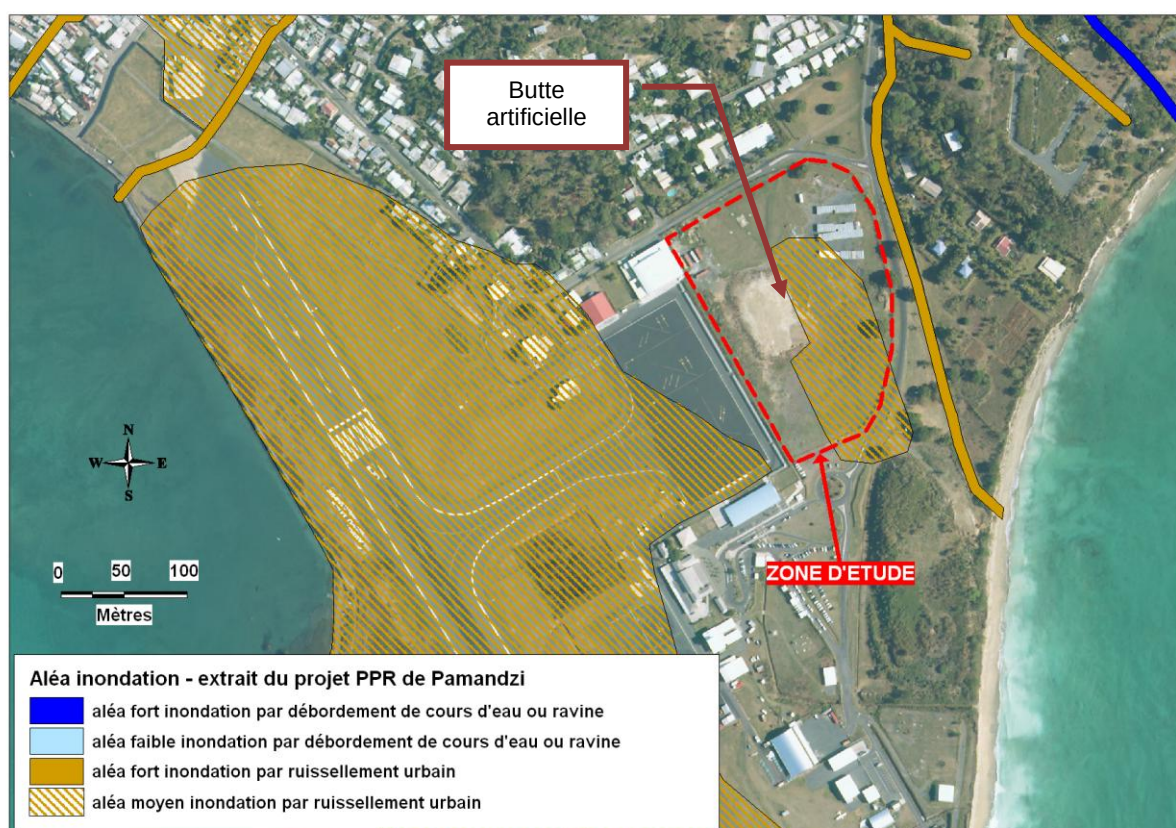


Illustration 2. Extrait du zonage de l'aléa inondation issu du projet de PPR de Pamandzi. Fond Orthophotos 2008 © IGN

3. Observations relatives à la visite de terrain

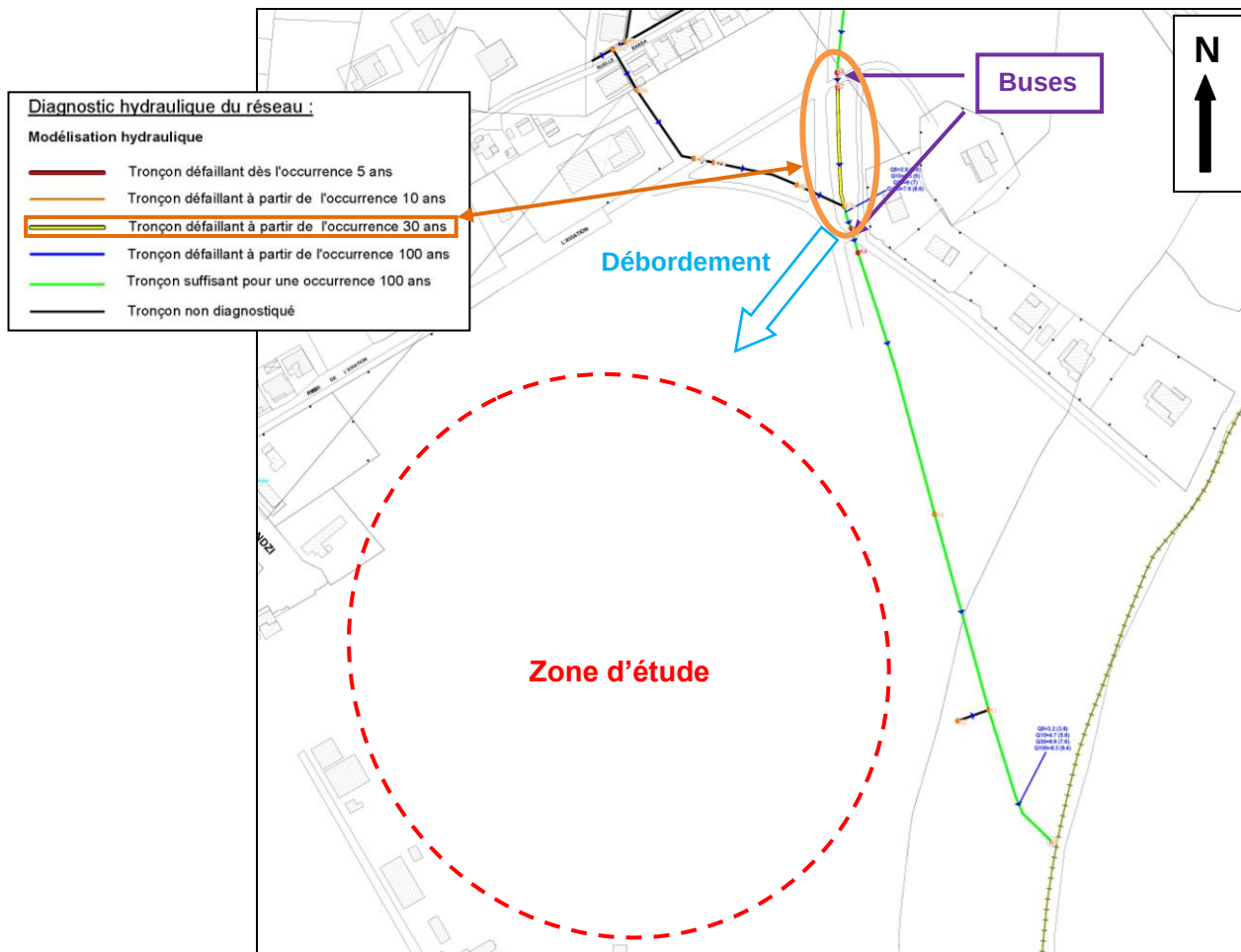
La visite de terrain nous a permis de mettre en évidence les éléments suivants :

- La zone d'étude a été réaménagée depuis 2008 (date des dernières investigations réalisées dans le cadre de l'élaboration du PPR) et la topographie du site a été modifiée. En effet, la butte artificielle au sein de la zone d'étude et apparaissant sur les Orthophotos 2008 de l'IGN n'existe plus. Le terrain est aujourd'hui relativement plat (pas de cuvette topographique) et légèrement penté vers le Sud-Ouest (pente comprise entre 1 et 2 %, d'après MNT 2008 © IGN).

² Etude de diagnostic et de définition d'une politique de travaux en matière de gestion des eaux pluviales sur 5 communes de l'île, dont 4 concernées par un PPR, groupement BCEOM-EMO-TEMA, Conseil Général de Mayotte - 2006/2007.

- Concernant le fossé exutoire vers le lagon, situé de l'autre côté de la route et longeant la partie Est de la zone d'étude, nous avons pu apprécier son bon état et son dimensionnement sur une distance d'environ 300 m à partir de la zone d'étude jusqu'au stade en amont. L'ouvrage hydraulique est composé de plusieurs tronçons (sections couvertes ou non) plus ou moins étroits avec notamment deux ouvrages de type buse avec grille anti-intrusion. Ces deux ouvrages sont situés au niveau du carrefour avec la rue de l'Aviation (cf. Illustration 3). A cet endroit, d'après nos observations, un débordement est possible lors d'un épisode pluvieux intense dans le cas où la grille serait obstruée par des déchets générant ainsi un embâcle.

En outre, une étude de gestion des eaux pluviales³ menée sur la commune a mis en évidence la défaillance du tronçon entre les deux buses à partir de l'occurrence 30 ans. Il est précisé dans l'étude que « les résultats de la modélisation correspondent à une simulation du fonctionnement du réseau dans des conditions optimales (les réseaux modélisés sont considérés entretenus et donc dépourvus de tout embâcle, déchets ou dépôt terreux) visant à mettre en évidence les éventuelles insuffisances structurelles (ouvrages sous-dimensionnés) ».



*Illustration 3. Contexte hydraulique d'après l'étude de gestion des eaux pluviales sur Pamandzi.
Extrait du plan « diagnostic hydraulique du réseau ».*

³ Etudes préliminaires (provisoire) de gestion des eaux pluviales sur 4 secteurs de Mayotte – Phase 1 : Etat des lieux et diagnostic – Commune de Pamandzi, Mars 2009, n°4700614-R5 – ETG/SOGREAH, Conseil Général de Mayotte

Concernant l'éventualité de divagations des eaux provenant du fossé, le projet pourrait donc être impacté de façon plus ou moins marqué par l'épandage d'eau de ruissellement selon l'intensité de l'épisode pluvieux. En complément des observations de terrain, le MNT 2008 © IGN indique d'après les courbes de niveaux équidistantes de 1 m que les eaux de ruissellement, consécutives à un débordement au niveau du tronçon défaillant pour une pluie trentennale, s'écouleraient en direction du Sud-Ouest, c'est-à-dire sur la route puis au sein même de la zone d'étude (cf. Illustration 4).

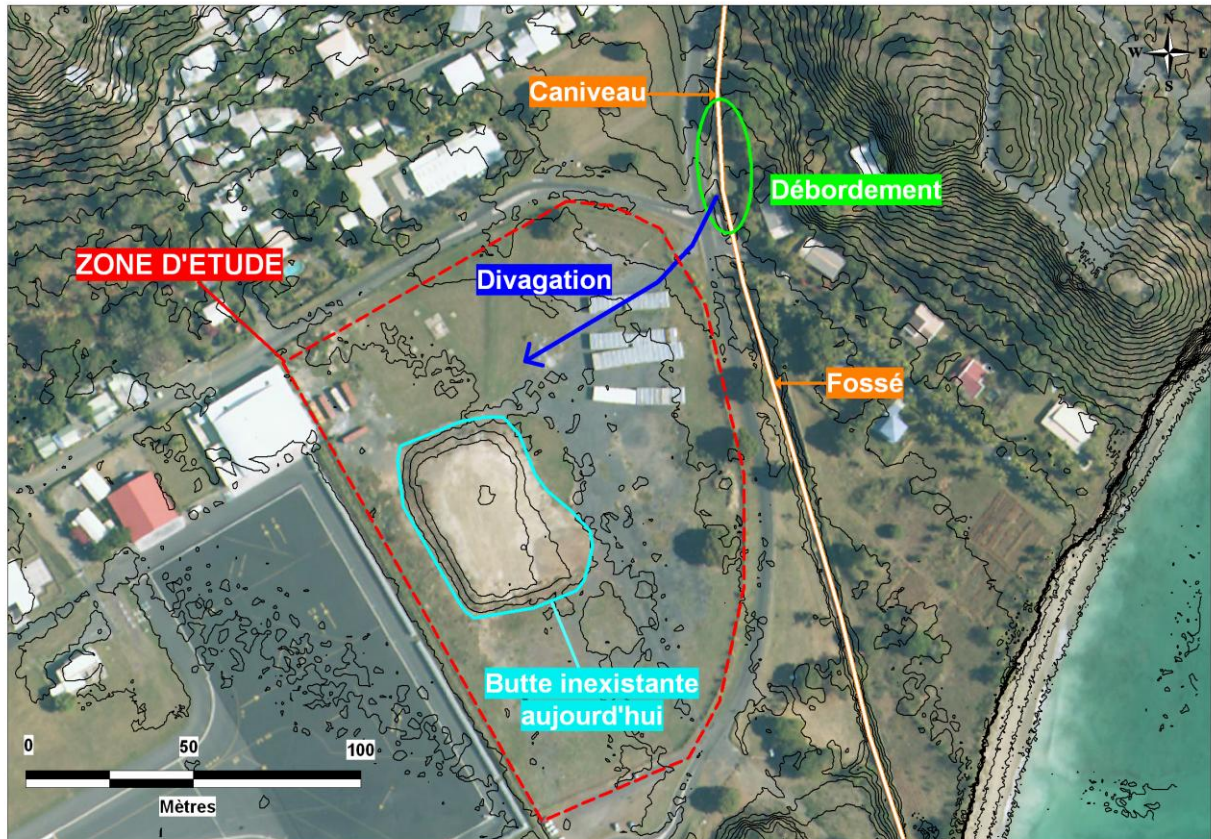


Illustration 4. Contexte hydraulique d'après l'étude de gestion des eaux pluviales sur Pamandzi. Fond Orthophotos 2008 © IGN et MNT 2008 © IGN – courbes de niveau, équidistance 1 m

4. Conclusions

Au final, il est proposé sur la base conjointe des éléments d'études ETG/SOGREAH de mars 2009 et des reconnaissances de terrain effectuées, de maintenir un aléa inondation par ruissellement urbain de niveau moyen sur la zone d'étude tout en affinant son emprise d'après les modifications de la topographie sur le site (cf. Illustration 5). Le polygone est ainsi décalé de manière à être raccordé (1) à la bande d'aléa fort matérialisant l'ouvrage hydraulique, englobant ainsi toute la zone de divagation depuis le point de sortie et (2) à l'aléa moyen recouvrant la piste de l'aéroport à l'Ouest de la zone d'étude.

On retiendra que sur la zone d'étude, le risque se limitera en cas de débordement à un épandage d'eau de ruissellement avec une hauteur d'eau faible et une vitesse d'écoulement modérée.

Seule une étude hydraulique relative à l'aléa inondation sur la zone d'étude permettra de redéfinir l'emprise de l'aléa au travers de modélisations effectuées sur les ouvrages hydrauliques existants.

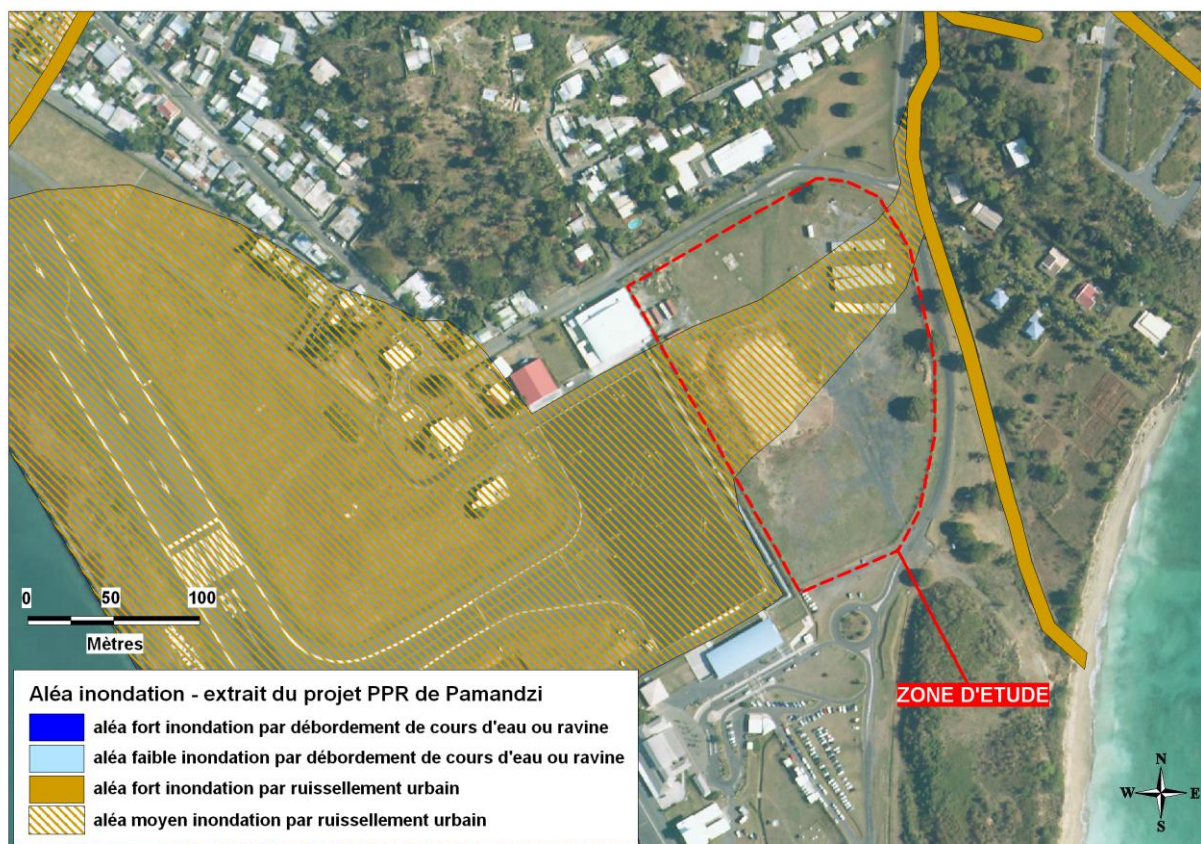


Illustration 5. Extrait du zonage de l'aléa inondation modifié d'après le présent avis et intégré au projet de PPR de la commune de Pamandzi. Fond Orthophotos 2008 © IGN

7. Note 2011 SAR/MAYOTTE 12. Expertise du dossier SEGC n°1776 relatif au lotissement de Tsararano Haut sur la commune de Dembéni



Expertise du dossier SEGC n°1776 de mai 2011 relatif au lotissement de Tsararano Haut sur la commune de Dembéni

Aout 2011
A. Oppermann
Note 2011 SAR/MAYOTTE 12

Service géologique régional de Mayotte
9, centre Amatooula, Z.I. de Kawéni
BP 363
97600 – Mamoudzou France
Tél. : 02 69 61 28 13 – Fax : 02 69 61 28 15



Appui 2010-2011 à la DEAL de Mayotte	
Date de la visite : 02/08/2011	Site : Les hauts de Tsararano
Commune : Dembéni	
Participant(s) : A. Oppermann	
Objet : Reconnaissances de terrain et évaluation de l'aléa mouvements de terrain	
Demandeur : DEAL/SEPR/RN (G. Lefèbvre)	
Diffusion : DEAL/SEPR/RN (G. Lefèbvre) et Antenne BRGM de Mayotte	

Circonstances de l'intervention du BRGM

La DEAL de Mayotte par l'intermédiaire de G. Lefèbvre (cellule Risques Naturels), a sollicité le BRGM pour une expertise sur le dossier SEGC n°1776 relatif au projet de lotissement de Tsararano Haut sur la commune de Dembéni. Le site est localisé sur les hauts du village de Tsararano (cf. Illustration 1).

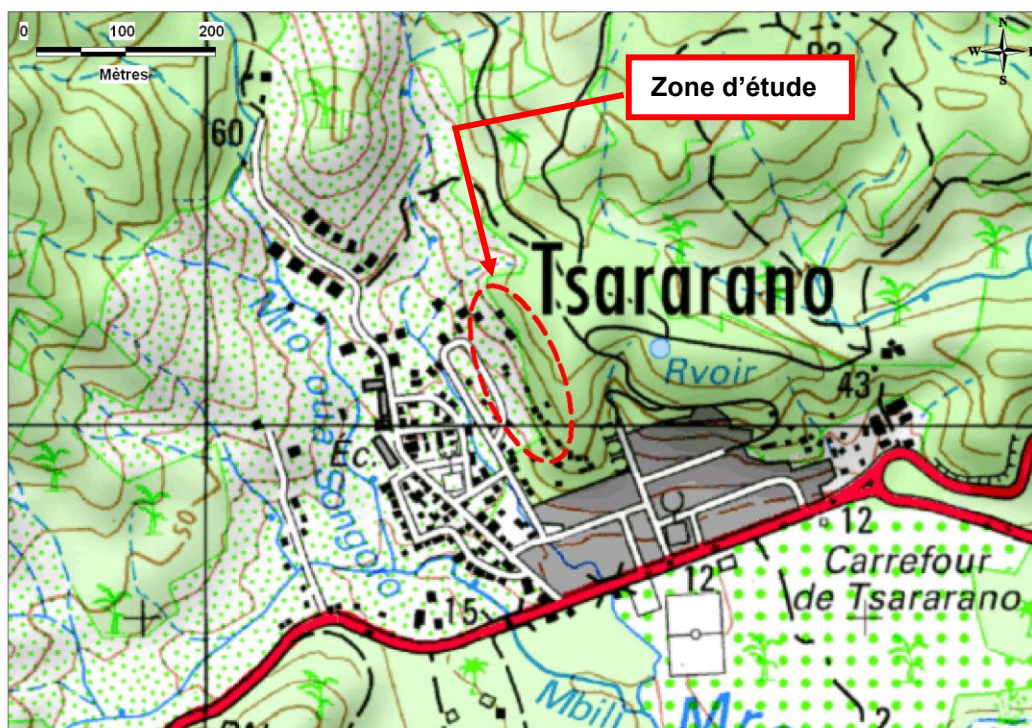


Illustration 1. Localisation de la zone d'étude. Extrait du Scan25 de l'IGN.

Pièces du dossier fournies par le demandeur au BRGM

Le bureau d'étude SEGC a transmis au BRGM le dossier n°1776 datant de mai 2011 et portant sur le projet du lotissement Haut de Tsararano. Ce dossier comprend le rapport d'étude, les logs descriptifs des sondages, le résultat d'un essai de cisaillement ainsi que ceux des simulations Talren effectuées.

Observations ressortant des compétences du BRGM et diagnostic

1. Synthèse géologique et morphologique du site

La zone d'étude est située sur le flanc d'un versant orienté Sud-Ouest d'une quarantaine de mètres de hauteur en moyenne au niveau de la zone d'étude, entre la partie sommitale relativement plane et le fond de la ravine en aval.



Illustration 2. Topographie (courbes de niveau – équidistance 1 m) d'après traitement MNT 2008 © IGN et occupation du sol au droit de la zone d'étude. Fond : Orthophotos 2008 © IGN

La visite de terrain effectuée par le BRGM a permis de mettre en évidence la nature des matériaux rencontrés en surface. D'après les reconnaissances de terrain effectuées en date du 02/08/2011, le versant est constitué d'une couche d'épaisseur plurimétrique d'altérites fortement évoluées, très vulnérables à l'érosion (cf. Illustration 3) surmontées par une couche de colluvions à blocs (dont certains éléments peuvent être de taille métrique).



Illustration 3. A gauche, altérites évoluées en surface de type allotérites localisés en partie haute du versant ; à droite, colluvions composées d'une matrice argileuse et de blocs plutôt anguleux de taille décimétrique.

D'un point de vue morphologique, le versant est particulièrement accidenté et marqué par les terrassements anthropiques ainsi que les ravinements provenant des eaux usées et pluviales non collectées par des réseaux d'assainissement.

Un mur de soutènement d'une hauteur hors-sol variant de 1 à 5,5 mètres pour 20 cm de largeur a été érigé sur environ 160 mètres de long dans le flanc du versant (cf. Illustration 4). SEGC précise que ce mur a vocation de permettre l'aménagement d'une voirie en partie haute du versant après remblaiement à l'arrière du mur. La visite de terrain a permis de constater le bon état de l'ouvrage, aucune fissure ni tassement ou affouillement au pied n'ont été relevés. A l'arrière de ce mur, on observe un talus escarpé d'une hauteur variant entre 1 et 5 mètres depuis l'extrémité sud-est vers l'extrémité nord-ouest de l'ouvrage. Ce talus très sensible à l'érosion montre des indices d'instabilité (départ de matériaux, rejet d'eaux usées et pluviales en tête du talus) (cf. Illustration 5). En aval du mur, notamment en secteur Sud de la zone d'étude, de nombreuses habitations précaires ont été aménagées de manière illégale. Ainsi, on constate de nombreux talus issus de terrassements anarchiques, non sécurisés, et dont certains montrent des indices d'instabilité. De plus, on note qu'aucun dispositif d'évacuation des eaux usées n'a été mis en place.



Illustration 4. A gauche, vue depuis la route d'accès à la zone d'étude ; à droite, vue à l'arrière du mur en partie haute du versant.



Illustration 5. Différents points de rejets d'eaux usées et pluviales en tête du talus

2. Zonage des aléas mouvements de terrain actuel selon l'atlas des aléas

La méthodologie utilisée dans la cartographie de l'aléa mouvements de terrain sur la commune de Dembéné correspond à celle employée dans le cadre de l'élaboration des atlas des aléas. La démarche utilisée pour évaluer l'aléa mouvements de terrain, à l'échelle du 1/10 000 en zones à enjeux, a consisté en une approche naturaliste de type expertise excluant le recours à des investigations lourdes (sondages, essais de laboratoire, etc.) ainsi qu'à des études spécifiques (modélisation trajectographique, etc.).

Ainsi, le zonage de l'aléa mouvements de terrain établi à l'échelle du 1/10 000 dans le cadre de l'atlas des aléas de la commune de Dembéné fait état pour la zone d'étude :

- d'un aléa fort de glissements de terrain (phénomène dominant) potentiellement accompagnés de chutes de blocs ; la zone couverte correspond au flanc du versant, là où les valeurs de pente sont les plus élevées ;
- d'un aléa moyen de glissements de terrain (phénomène dominant) potentiellement accompagnés de chutes de blocs, au niveau du pied de versant et en partie sommitale du versant.

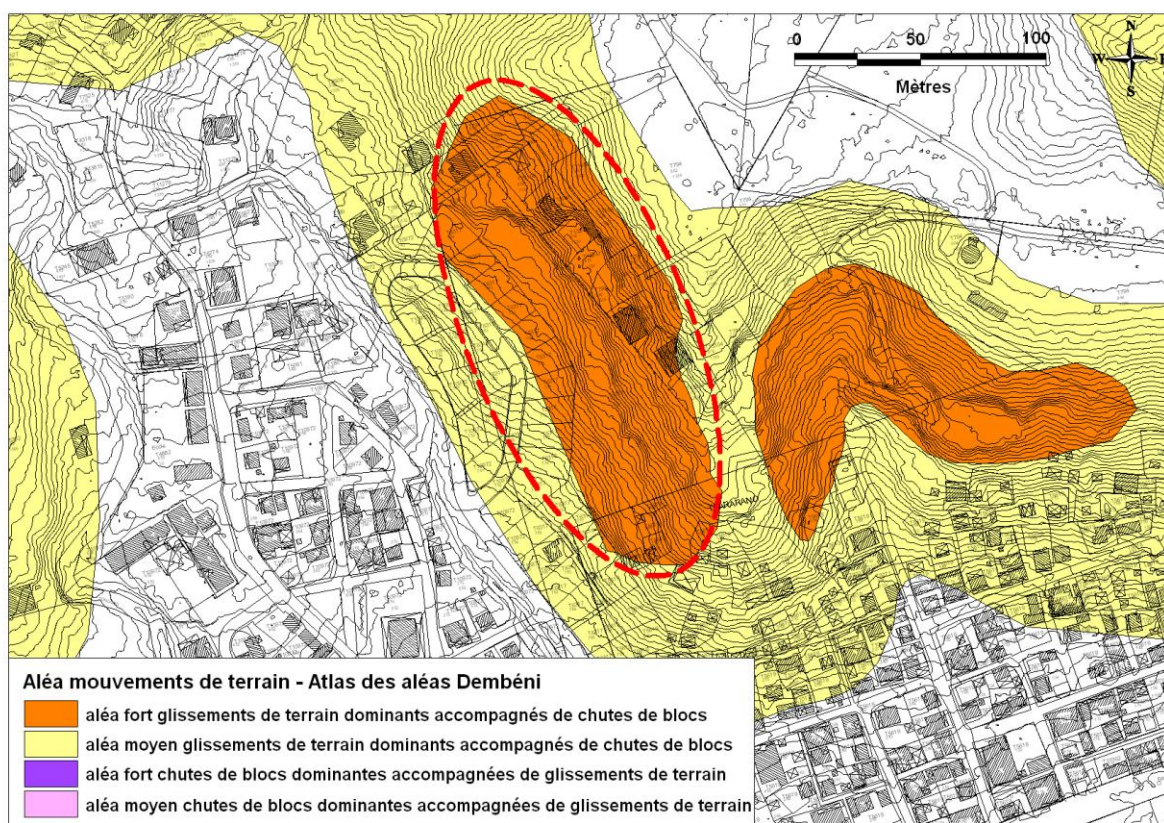


Illustration 6. Extrait du zonage des aléas mouvements de terrain de l'atlas des aléas de la commune de Dembéné, mise à jour de novembre 2010. Fond MNT 2008 © IGN et cadastre 2007

3. Observations relatives au contenu de l'étude SEGC

↳ Synthèse géotechnique :

Les investigations effectuées par SEGC ont consisté dans la réalisation :

- de 2 sondages à la tarière pour 10 essais pressiométriques, ces sondages sont localisés en partie basse du versant ;
- de 2 prélèvements d'échantillon pour essais de cisaillement (CD), également localisés en partie haute ;

Il ressort de ces investigations la synthèse lithologique suivante, conforme aux observations de terrain réalisées par le BRGM :

- localement dans le versant, présence d'un remblai graveleux pouvant atteindre 40 cm d'épaisseur ;
- sous le remblai et à l'affleurement dans certaines zones, présence d'un limon sableux peu argileux, brun, moyennement compact, à éléments basaltiques polygéniques sains et altérés de taille infra-millimétrique à centimétrique et à blocs décimétriques, caractérisant **les colluvions latéritiques**. L'épaisseur de cette formation est d'au moins 5 m. Les essais pressiométriques soulignent des matériaux normalement sur-consolidés et une portance moyenne à forte ;
- sous ces matériaux et à l'affleurement par endroit, on observe un limon argileux plastique brun à gris moyennement compacts, à éléments basaltiques sains et altérés de taille millimétrique à pluri-millimétrique et à structure minéralogique légèrement visible, caractérisant **les altérites**.

Concernant le contexte hydrogéologique, SEGC n'a relevé aucune venue d'eau ou nappe d'eau au droit des sondages sur les 10 premiers mètres de profondeur/TN.

Les essais de cisaillement réalisés ont donné les caractéristiques de sol suivantes pour les colluvions :

- Essai n°1 : colluvions : $C' = 10,27 \text{ kPa}$ et $\Phi' = 34,4^\circ$;
- Essai n°2 : altérites : $C' = 10,48 \text{ kPa}$ et $\Phi' = 30,3^\circ$

SEGC précise qu'une précédente étude géotechnique a été réalisé dans le cadre de l'aménagement de la future voirie et du mur de soutènement actuellement en place. Cette étude n'ayant pas été présenté au BRGM, n'a pas fait l'objet d'une analyse dans le cadre de cette présente expertise. Deux sondages de 6 m de profondeur ont à cette occasion été effectués en amont du mur de soutènement c'est-à-dire en partie haute du versant. D'un point de vue de la lithologie, il en ressort qu'une couche de colluvions pouvant atteindre 4,3 m d'épaisseur repose sur des altérites d'au moins 5 m d'épaisseur. On note ainsi une certaine cohérence entre les deux études effectuées par SEGC et on remarque, comme le signale le BE dans son rapport, un épaissement des colluvions en partie basse du versant.

↳ Calculs de stabilité :

La sensibilité aux glissements de la zone d'étude, a été évaluée à l'aide de calculs de stabilité effectués sous Talren. Les principales remarques suivantes peuvent être formulées sur ces calculs :

- 3 profils ont été simulés et leur localisation, cohérente avec la topographie du site, couvre la zone du versant étudié concernée par un aléa fort glissements de terrain. On regrettera néanmoins que ces profils n'englobent pas l'intégralité du versant, depuis le sommet jusqu'à la ravine en aval. Les trois profils ont été modélisés dans un premier temps en l'état actuel et dans un second temps avec la future voirie ;
- les illustrations des simulations de stabilité effectuées par SEGC (annexe 6) montrent que les paramètres topographiques ainsi que les caractéristiques mécaniques des matériaux « injectés » dans les modélisations sont fidèles aux observations de terrain et aux essais en laboratoire ;
- les calculs ont été effectués aux ELU, justifiant par là-même qu'un coefficient de sécurité de 1 soit recherché pour juger de la stabilité des pentes considérées ;
- les calculs ont été réalisés en intégrant le paramètre défavorable constitué par les conditions sismiques ;
- les calculs ont été réalisés selon les profils, avec la prise en compte de surcharges surfaciques représentant les bâtiments de type R+0 et R+1 observés sur le versant. Pour la voirie il a également été considéré une surcharge s'élevant à 50 kPa ;
- les calculs ont été réalisés avec la prise en compte d'une nappe d'eau ou venue d'eau dans la mesure où il apparaît souhaitable dans ce type de démarche d'évaluation de la stabilité des terrains, en particulier dans le contexte mahorais, de prendre en considération des conditions hydrogéologiques potentiellement défavorables représentées par une nappe superficielle au sein du versant. En effet, on ne peut exclure, en conditions extrêmes, la formation de petites nappes dans les niveaux superficiels (minorant les caractéristiques des matériaux) ou le développement de pressions interstitielles dans certaines fissures ;

Les résultats des modélisations sont les suivants :

Stabilité du site actuel :

- Profil n°1 : $\Gamma_{\min} = 1,08$
- Profil n°2 : $\Gamma_{\min} = 0,98$
- Profil n°3 : $\Gamma_{\min} = 0,82$

Stabilité du site intégrant le projet de voirie :

- Profil n°1 : $\Gamma_{\min} = 1,20$
- Profil n°2 : $\Gamma_{\min} = 1,00$
- Profil n°3 : $\Gamma_{\min} = 0,85$

Les profils n°2 et n°3 mettent en évidence les conditions de stabilité très précaires du versant en l'état actuel. Le profil n°1 montre que le talus est actuellement en limite de stabilité. Ces résultats tendent à confirmer le zonage des aléas mouvements de terrains de niveau fort au droit de ce versant.

Malgré la prise en compte, dans les calculs, de l'aménagement de la voirie en amont du mur de soutènement actuellement en place, les profils n°2 et n°3 ne permettent pas de vérifier la stabilité du versant en partie Centre et Sud de la zone d'étude. SEGC indique dans son rapport que la mise en œuvre de la voirie serait stabilisante pour le profil n°2. Or, avec un coefficient de stabilité $\Gamma_{\min} = 1,00$, la stabilité est très limite.

Concernant le profil n°1, le talus serait stabilisé avec l'aménagement de la voirie ($\Gamma_{\min} = 1,20$).

➤ **Proposition de modification du zonage des aléas mouvements de terrain :**

Sur la base des simulations de stabilité réalisées et des reconnaissances de terrains effectuées, SEGC propose :

- pour la moitié Nord de la zone d'étude, un déclassement en aléa moyen glissements de terrains (phénomène dominant) potentiellement accompagnés de chutes de blocs, initialement en aléa fort ;
- pour la moitié Sud de la zone d'étude, de maintenir le zonage établi dans le cadre de l'atlas des aléas de la commune de Dombeni, soit un aléa fort glissements de terrains (phénomène dominant) potentiellement accompagnés de chutes de blocs.

Les principales remarques suivantes peuvent être formulées sur ces propositions :

Eu égard aux résultats des modélisations de stabilité au travers des 3 profils réalisés, nous considérons qu'en l'état actuel du versant l'aléa fort glissements de terrains dominants doit être maintenu sur le versant. Les observations de terrains effectuées sur le site en date du 02/08/2011 justifient également ce zonage dans la mesure où de nombreux talus, en particulier dans le secteur Sud et Est de la zone d'étude, montrent des indices d'instabilités et ne sont pas sécurisés. SEGC relève également dans son étude des zones de glissements superficiels au droit de certains talus.

Néanmoins, un affinage du zonage est rendu possible compte tenu des observations de terrains et un déclassement en aléa moyen est effectué pour :

- l'extrémité Nord de la zone d'étude qui ne présente pas d'indices d'instabilité et les valeurs de pentes sont globalement moyennes (15-20°). D'autre part, aucun facteur aggravant (rejet d'eaux, terrassements, érosion, etc...) n'a été relevé ;
- les secteurs Nord-ouest et Ouest de la zone d'étude, au niveau des parcelles du lotissement au pied du versant, qui présentent des valeurs de pente faibles (<10°) et aucun facteur aggravant n'a été relevé. La bande de sécurité vis-à-vis du talus représenté par un aléa fort en amont peut ainsi être diminuée d'une dizaine de mètres dans ces secteurs.

Concernant l'aménagement de la voirie et l'incidence de ces travaux sur la stabilité du versant, notamment sur le profil n°1 ($\Gamma_{min} = 1,20$), un déclassement du secteur Nord au niveau du profil n°1 sera possible sous réserve de la conformité des travaux avec les règles de l'art.

Au final, il est proposé sur la base conjointe des éléments d'études SEGC et des reconnaissances de terrain effectuées, de modifier le zonage mouvements de terrain, de la façon suivante :

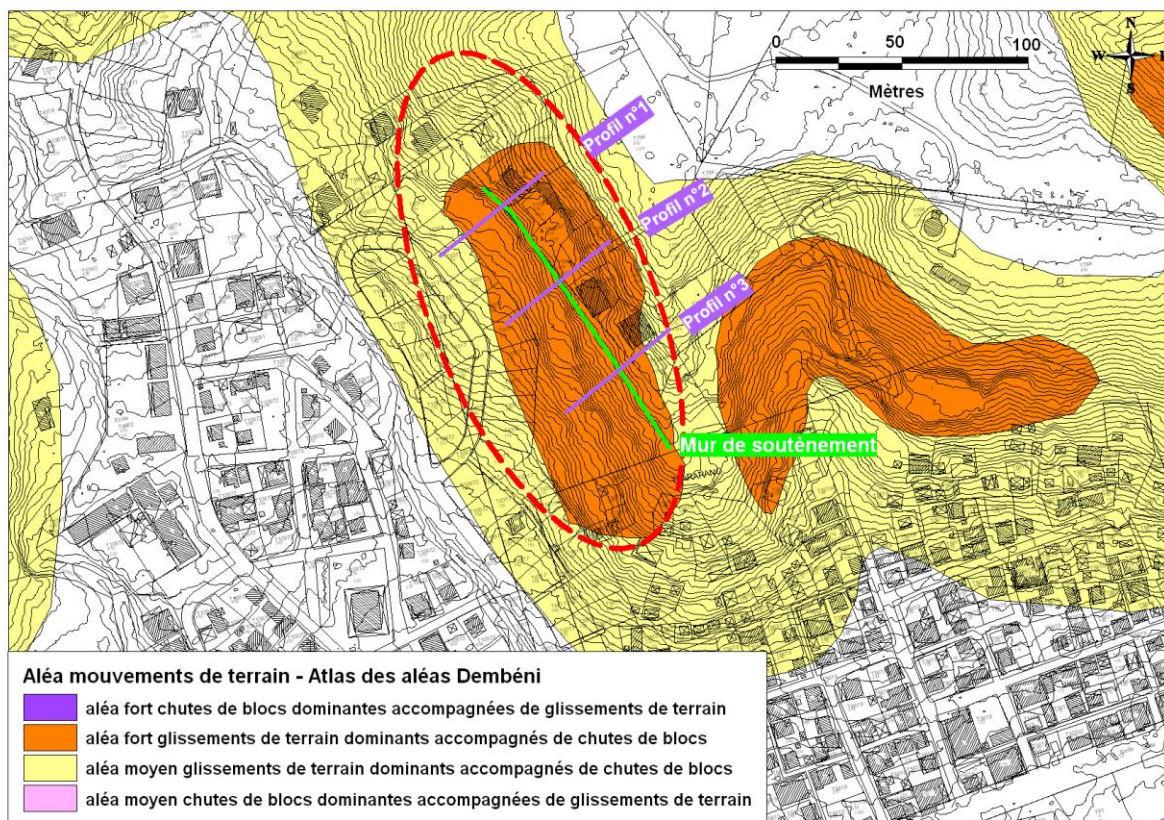


Illustration 7. Zonage de l'aléa mouvements de terrain modifié d'après le présent avis. Fond MNT 2008 © IGN et cadastre 2007

Conclusion et recommandations

L'analyse de l'étude SEGC et les observations de terrain conduisent à une modification, au sein de la zone d'étude, du zonage des aléas mouvements de terrain établi dans le cadre de l'atlas des aléas de la commune de Dembéné.

L'emprise de l'aléa fort glissements de terrains (phénomène dominant) potentiellement accompagnés de chutes de blocs est partiellement réduite sur la zone d'étude, notamment dans les secteurs Nord et Ouest. Par ailleurs, l'aléa fort est maintenu au sein de la zone d'étude eu égard aux résultats des modélisations de stabilité au travers des 3 profils réalisés. De plus, des instabilités ont été observées au niveau des talus anthropiques non sécurisés, notamment dans le secteur Sud-est. Des rejets d'eaux usées et pluviales ont également été relevés sur plusieurs points en tête du talus situé en amont du mur de soutènement. Ces rejets constituant des facteurs aggravants prépondérants dans le déclenchement d'éventuelles instabilités.

L'aménagement de la voirie en arrière du mur de soutènement permettra d'améliorer la stabilité du talus au Nord de la zone d'étude (au niveau du profil n°1) sous réserve que les travaux soient réalisés dans les règles de l'art. Lorsque ces travaux seront effectués et vérifiés par un bureau d'étude compétent, il sera possible de déclasser ce secteur en aléa moyen glissements de terrain dominants. Pour le reste de la zone d'étude concernée par un aléa fort, notamment la moitié basse du versant dans le secteur Sud de la zone d'étude, il conviendra de mener d'autres travaux de sécurisation complémentaires, particulièrement au niveau des talus anthropiques non sécurisés, et enfin, d'apporter une attention toute particulière aux modalités de gestion des eaux usées et pluviales.

8. Note 2011 SAR/MAYOTTE 13. Avis concernant l'étude d'impact sur l'environnement ESPACES relative à la création du lotissement social de Kahani, sur la commune de Ouangani



Avis concernant l'étude d'impact sur l'environnement ESPACES relative à la création du lotissement social de Kahani, sur la commune de Ouangani

Novembre 2011
M. Fontaine et A. Oppermann
Note 2011 SAR/MAYOTTE 13

Service géologique régional de Mayotte
9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni
BP 363
97600 – Mamoudzou France
Tél. : 02 69 61 28 13 – Fax : 02 69 61 28 15



Appui 2010-2011 à la DEAL de Mayotte	
Date de la visite : 01/12/2011	Site : Kahani
Commune : Ouangani	
Participant(s) : A. Oppermann	
Objet : Expertise de l'étude d'impact sur l'environnement relative à la création du lotissement social de Kahani	
Demandeur : DEAL/SEPR/RN (G. Lefèbvre)	
Diffusion : DEAL/SEPR/RN (G. Lefèbvre) et BRGM/SGR de Mayotte	

1. Circonstances de l'intervention du BRGM

La DEAL de Mayotte par l'intermédiaire de G. Lefèbvre (cellule Risques Naturels), a sollicité le BRGM pour un avis concernant une étude d'impact sur l'environnement réalisée dans le cadre du projet de construction du lotissement social de Kahani sur la commune de Ouangani (cf. Illustration 1).

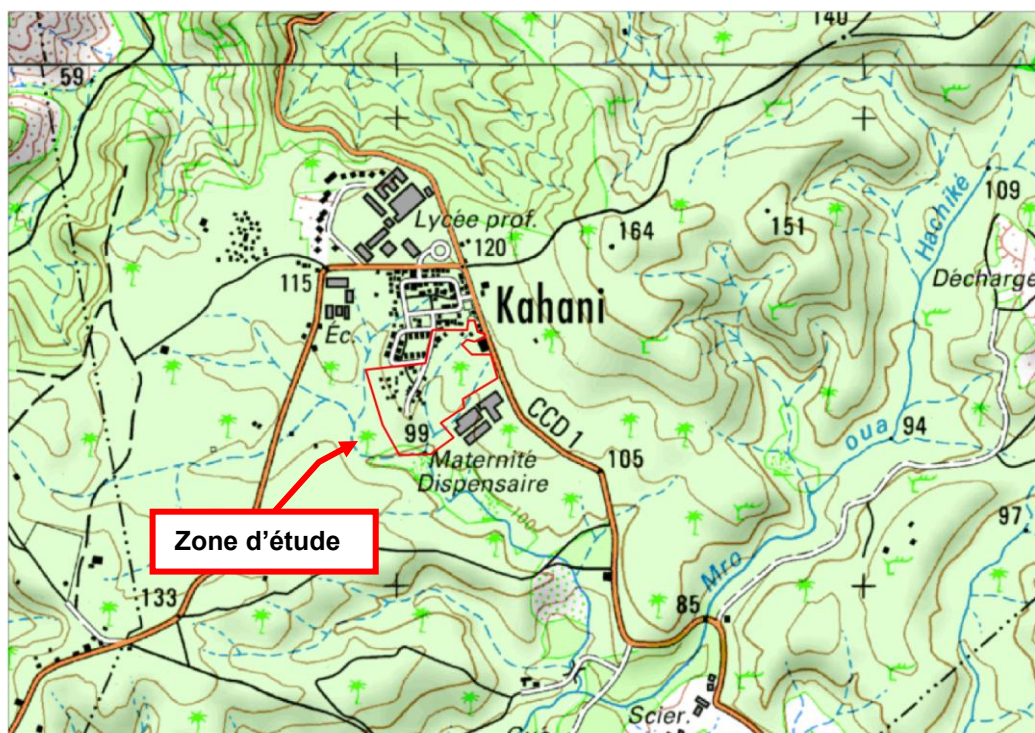


Illustration 1. Localisation de la zone d'étude. Extrait du Scan25 de l'IGN.

Pièces du dossier fournies par le demandeur au BRGM

La demande porte sur le rapport « Création du lotissement social de Kahani – Etude d'impact sur l'environnement, Complément n°1 ». Ce rapport a été réalisé par ESPACES en juin 2011, le maître d'ouvrage de ce projet étant la Commune de Ouangani.

2. Observations ressortant des compétences du BRGM et diagnostic sur l'étude

2.1. Généralités

La présentation, la méthodologie, le déroulement et le contenu global de ce rapport sont cohérents et acceptables.

Il paraît toutefois possible, voire nécessaire, d'effectuer quelques remarques et/ou critiques. Elles font l'objet des points particuliers suivants.

Il est à noter que les superficies exactes d'emprise sur la zone humide n'ont pas été vérifiées puisque les délimitations fines de cette zone ne nous ont pas été transmises, toutefois les ordres de grandeur sont cohérents.

2.2. Coefficients de ruissellement

On peut apporter quelques précisions sur la prise en compte des coefficients de ruissellement dans l'estimation de l'impact du lotissement sur les eaux pluviales. En effet si les coefficients pour les zones d'habitat (0,6 à 0,7 pour une zone d'habitat dense et 0,9 pour une zone d'habitat très dense) sont plutôt consensuels, les autres valeurs le sont moins :

- Le coefficient global pour une parcelle de 0,66 est calculé sur une base d'un coefficient de 0,9 pour une toiture, ce qui est pertinent, et de 0,5 pour l'extérieur de la maison, ce qui peut être un peu surestimé. On prend généralement pour des surfaces de type gazon, massifs boisés, parterres, graviers... la valeur de 0,3. Dans ces circonstances, le coefficient global à la parcelle serait de 0,56 ;
- Le coefficient de ruissellement pris en compte dans l'étude pour la voirie publique est de 0,8. Or on considère généralement que les routes ont un coefficient de ruissellement de 0,95 à 1.

L'un des coefficients étant surestimé et l'autre sous-estimé, les corrections possibles se compensent et on obtient avec ces nouvelles valeurs un coefficient moyen de 0,69 (pour 0,70 dans l'étude). On peut donc en conclure que, malgré les incertitudes dans la méthode employée, le résultat final n'est pas faussé.

2.3. Hydraulique

Les calculs hydrauliques sont cohérents, et le choix d'un bassin de rétention à sec pertinent. On peut noter que les hypothèses prises en compte pour la définition du coefficient d'apport ne sont pas mentionnées dans l'étude, l'ordre de grandeur est juste puisque il est supérieur au coefficient de ruissellement.

L'hydrogramme du bassin de rétention correspond au hyétogramme de la pluie de projet et le fonctionnement du bassin de rétention est bien expliqué. Le dimensionnement des ouvrages de surverse et de vidange est correct. Enfin le dégrilleur à l'entrée du bassin permettra d'empêcher la pollution du bassin de rétention par des objets flottants.

Les bassins de rétention nécessitent un entretien conséquent et régulier. Outre, les actions mentionnées dans l'étude, un curage du bassin peut s'avérer indispensable.

2.4. Conclusion et recommandations

L'étude d'impact paraît logique et bien menée, malgré quelques imprécisions dans la démarche, les résultats nous paraissent justes.

On regrettera toutefois qu'il n'y ait pas un volet supplémentaire concernant les eaux de vidange du bassin de rétention évoquant notamment les points suivants :

- Où et comment la canalisation enterrée de vidange du bassin se rejette-elle dans le milieu naturel, soit la zone humide ? ;
- Les eaux évacuées auront transité par des zones d'habitat dense et seront donc potentiellement polluées, des moyens de dépollution seront-ils mis en œuvre avant rejet dans le milieu naturel ? ;
- La vidange du bassin de rétention se fait au droit de l'ancien exutoire naturel, qui drainait l'équivalent des bassins versants 1 à 8, soit un débit décennal avant-projet de 0,96 m³/s. Pour une période de retour de 10 ans, l'aménagement permet donc d'écarter de moitié les débits de crue. Cette analyse aurait pu être faite dans l'étude.

3. Précision de l'aléa inondation

D'après la cartographie des aléas établie dans le cadre de l'atlas des aléas de la commune de Ouangani⁴, la zone d'étude est concernée par aléa inondation par débordement de ravine de niveau fort matérialisant les ravines.

Les relevés au GPS effectués lors de la visite de terrain ainsi que l'interprétation du MNT ont permis d'affiner le positionnement des axes d'écoulement des ravines impactant la zone d'étude. Ces talwegs sont classés en aléa fort d'inondation par débordement de ravine (cf. Illustration 2) sur une bande de 10 m de largeur conformément à la méthodologie employée dans le cadre de l'élaboration des PPRI à Mayotte et utilisées lors des expertises.

Au final, les ravines cartographiées initialement et impactant la zone du projet ont fait l'objet d'une précision de leur axe d'écoulement. On note également qu'un fossé d'évacuation des eaux pluviales existe en bordure Nord-Ouest de la maternité.

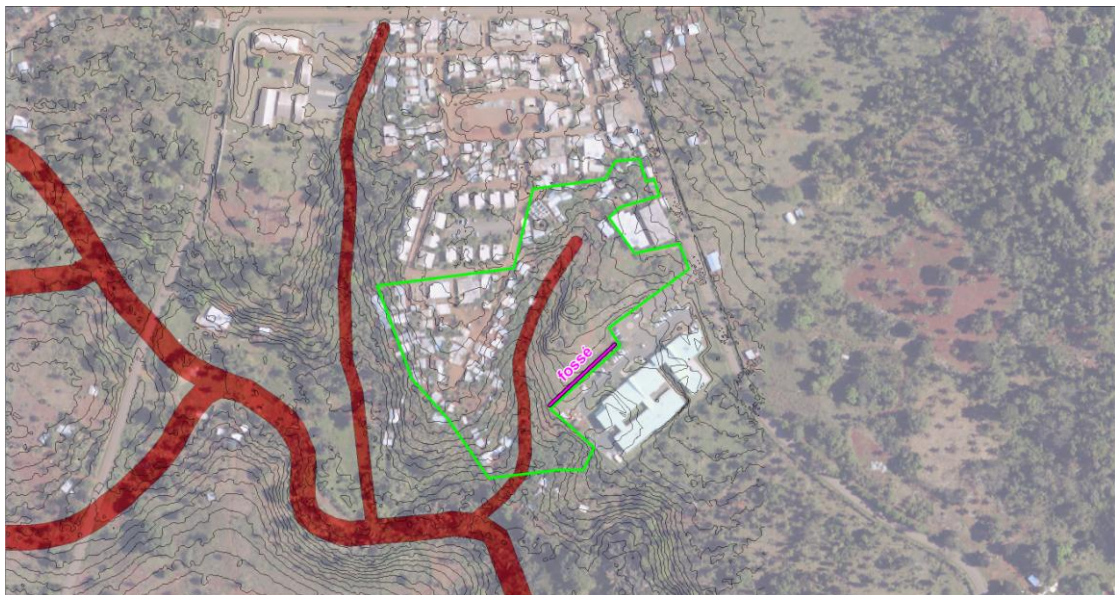


Illustration 2. Cartographie de l'aléa inondation modifiée d'après le présent avis

⁴ C. Cluzet, A. Oppermann, A. Malard, L. Françoise. (2009) : Mise à jour des atlas des aléas naturels sur 12 communes de Mayotte, commune de Ouangani. Rapport BRGM/RP-57564-FR

**9. Note 2011 SAR/MAYOTTE 19. Avis concernant
l'étude hydraulique ETG n°20092602-hydrau
relative au projet d'étude du collège de la
Kwalé sur la commune de Mamoudzou**



Avis concernant l'étude hydraulique ETG n°20092602-hydrau relative au projet d'étude du collège de la Kwalé sur la commune de Mamoudzou

Octobre 2011
P. Stollsteiner
Note 2011 SAR/MAYOTTE 19

Service géologique régional de Mayotte
9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni
BP 363
97600 – Mamoudzou France
Tél. : 02 69 61 28 13 – Fax : 02 69 61 28 15



Appui 2010-2011 à la DEAL de Mayotte	
Date de la visite : /	Site : Kwalé
Commune : Mamoudzou	
Participant(s) : /	
Objet : Expertise de l'étude hydraulique relative au projet d'étude du collège de la Kwalé	
Demandeur : DEAL/SEPR/RN (G. Lefèbvre)	
Diffusion : DEAL/SEPR/RN (G. Lefèbvre) et Antenne BRGM de Mayotte	

Circonstances de l'intervention du BRGM

La DEAL de Mayotte par l'intermédiaire de G. Lefèbvre (cellule Risques Naturels), a sollicité le BRGM pour un avis concernant une étude hydraulique réalisée dans le cadre du projet de construction du collège de la Kwalé dans le village de Tsoundzou 1 sur la commune de Mamoudzou (cf. Illustration 1).

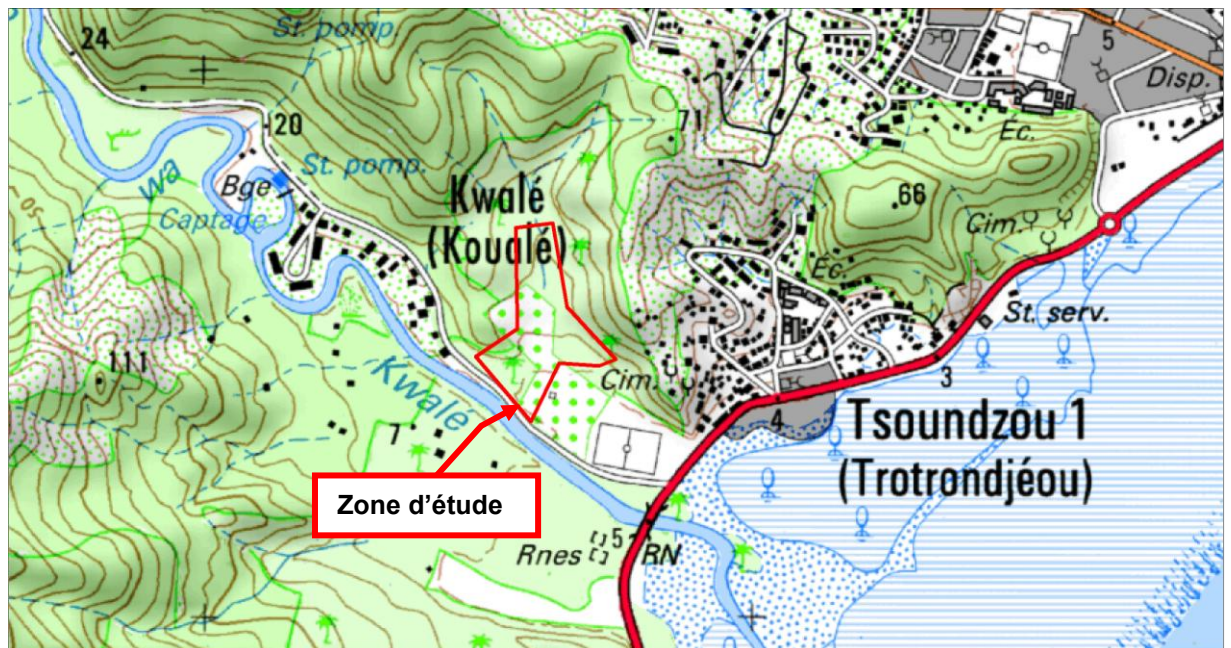


Illustration 1. Localisation de la zone d'étude. Extrait du Scan25 de l'IGN.

Pièces du dossier fournies par le demandeur au BRGM

La demande porte sur le rapport « Etude Hydraulique II, Projet d'étude du collège de la Kwalé ». Ce rapport (n°20092602-hydrau) a été réalisé par ETG en date du 09/11/2010, le maître d'ouvrage de ce projet étant le vice-rectorat de Mayotte.

Le rapport transmis comporte 55 pages dont 4 figures, 17 tableaux et 2 annexes.

Observations ressortant des compétences du BRGM et diagnostic

1. Généralités

La présentation, la méthodologie, le déroulement et le contenu global de ce rapport sont cohérents et acceptables.

Il paraît toutefois possible, voire nécessaire, d'effectuer quelques remarques et/ou critiques. Elles font l'objet des points particuliers suivants.

2. Hydrologie

Si le calcul de la crue centennale de projet est réalisé correctement, la différence obtenue entre l'évaluation d'ETG et celle d'ANTEA n'est pas due, ainsi qu'indiqué dans le tableau 10, à l'utilisation de la formule du GRADEX. Elle est due à l'actualisation des formules pluviométriques et surtout à la valeur retenue pour l'altitude maximale du bassin versant.

ETG a retenue 360 m, or le point culminant est, semble t-il, le mont Mlima Combani qui culmine à 477 m. Cela a pour principale conséquence d'augmenter le temps de concentration (120 mn au lieu de 100 mn) et donc de réduire le débit maximal de la crue de projet. Avec actualisation de la formule des pluies, le calcul d'ANTEA conduit à un débit maximal de crue de 330 m³/s.

Même si ces formules empiriques et le choix des valeurs à utiliser peuvent prêter à discussion, dans la mesure où la crue de projet doit être « au moins » la crue centennale et que par ailleurs les impacts potentiels du changement climatique ne sont pas évalués, il apparaît nécessaire de retenir une valeur au moins égale à 330 m³/s.

3. Hydraulique

Pour la réalisation du calcul de ligne d'eau et par suite du régime d'écoulement de ce cours d'eau (fluvial), il n'est pas envisageable de le réaliser correctement sans connaissance exacte des ouvrages situés en aval.

En effet la ligne d'eau au droit du projet sera directement influencée par l'implantation et la section d'écoulement du nouveau pont, notamment par sa largeur, par la présence éventuelle de pile et par la cote inférieure de son tablier. En effet non seulement la section utile va conditionner la ligne d'eau mais il faut également tenir compte de la possibilité de création d'embâcles lors des crues. Cette éventualité d'embâcles, dont l'apparition est grandement favorisée par la présence de piles, implique le maintien d'un tirant d'air suffisant (de l'ordre du mètre) entre la cote de la ligne d'eau maximale et le dessous du tablier.

Dans son rapport, ANTEA aborde et détaille l'impact de ces différents points. Ceux-ci doivent être pris en considération dans l'étude hydraulique de ce projet.

Par ailleurs, dans le rapport ETG on note l'absence d'information sur les pertes de charge au droit des différents ponts et on regrettera l'absence de tracé du profil en long de la ligne d'eau avec indication des cotes des ouvrages.

4. Cartographie des aléas

Contrairement à ce qui est indiquée en page 25, la crue de référence est, au moins, la crue centennale. Les niveaux d'aléa doivent donc être définis à partir de celle-ci.

Conclusion et recommandations

Si l'étude paraît logique et bien menée, par suite des points listés ci-dessus, les résultats nous paraissent trop optimistes et mériteraient d'être ajustés.

Il paraît indispensable de redéfinir les différentes zones d'aléas, avec modélisation de la crue centennale de projet en :

- augmentant la valeur du débit maximum instantané de la crue de projet ;
- modélisant les ouvrages actuels ainsi que ceux programmés ;
- envisageant la possibilité de formation d'embâcles au droit des ouvrages avals.

10. Note 2011 SAR/MAYOTTE 22. Précision du zonage de l'aléa mouvements de terrain au droit du projet de construction de l'école primaire T18 à Tsoundzou 1, sur la commune de Mamoudzou



Précision du zonage de l'aléa mouvements de terrain au droit du projet de construction de l'école primaire T18 à Tsoundzou 1, sur la commune de Mamoudzou

**Etat des lieux des travaux de purge réalisés au
courant du mois de décembre 2011**

Décembre 2011
A. Oppermann, D. Tardy
Note 2011 SAR/MAYOTTE 22

Service géologique régional de Mayotte
9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni
BP 363
97600 – Mamoudzou France
Tél. : 02 69 61 28 13 – Fax : 02 69 61 28 15



Appui 2010-2011 à la DEAL de Mayotte	
Date de la visite : 14/12/2011	Site : Tsoundzou 1
Commune : Mamoudzou	
Participant(s) : A. Oppermann (BRGM), D. Tardy (BRGM), G. Lefèbvre (DEAL/SEPR/RN), B. Jullien (MEI), SMIAM	
Objet : Etat des lieux des travaux de purge réalisés par TETRAMA	
Demandeur : DEAL/SEPR/RN (G. Lefèbvre)	
Diffusion : DEAL/SEPR/RN (G. Lefèbvre) et Antenne BRGM de Mayotte	

Circonstances de l'intervention du BRGM

La DEAL de Mayotte, par l'intermédiaire de G. Lefèbvre (cellule Risques Naturels) avait sollicité le BRGM pour une étude de précision du zonage de l'aléa mouvements de terrain au droit du projet d'une école primaire T18 à Tsoundzou 1, pour le compte du SMIAM.

La visite de terrain effectuée en août 2011 conduisait au maintien de l'aléa fort mouvements de terrain eu égard à l'instabilité de plusieurs blocs décimétriques sur le flanc d'un versant possédant des valeurs de pente élevées (proche de 30° et localement > 30°) et à l'absence d'un réseau d'évacuation des eaux pluviales et usées.

Un aménagement global a été apporté permettant alors de reconsidérer le zonage de l'aléa mouvements de terrain. Le site est localisé sur les hauts du village de Tsoundzou 1 sur la commune de Mamoudzou (cf. Illustration 1).

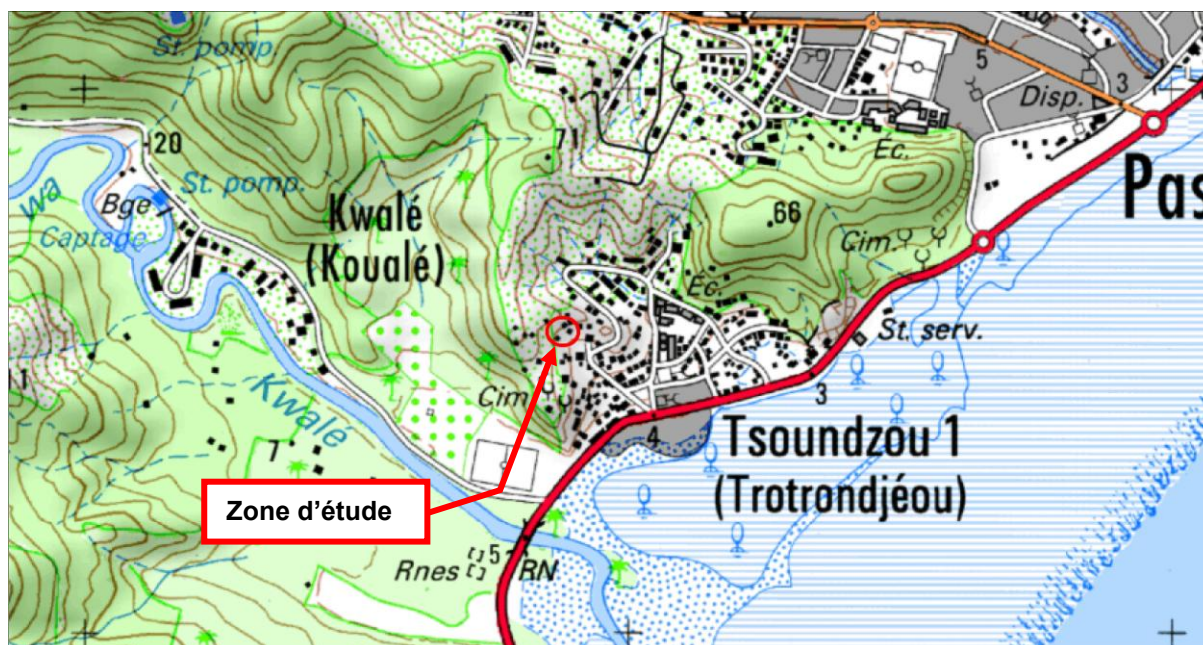


Illustration 1. Localisation de la zone d'étude à l'échelle du 1/5000. Extrait du Scan25 de l'IGN.

Pièces du dossier fournies par le demandeur au BRGM

La DEAL via le SMIAM a transmis au BRGM le plan masse du projet de l'école primaire T18.

Observations ressortant des compétences du BRGM et diagnostic

1. Etat des lieux

La visite de terrain en date du 14/12/2011 a permis de constater que la purge des blocs décimétriques en subsurface a été réalisée de manière satisfaisante (cf. Illustration 1).



Illustration 1 – En haut, vue de la zone d'étude le 05/08/11 : colluvions à blocs décimétriques. En bas, vue de la zone d'étude le 14/12/11 : purge des blocs décimétriques. Photos BRGM.

Vis-à-vis des aménagements préconisés lors de la visite d'août 2011, B. Jullien atteste que le bureau d'études techniques MEI et le bureau de contrôle VERITAS s'engagent à ce que :

- les murs hauts des classes les plus élevées ne comportent pas d'ouvertures et constituent des murs de soutènement,
- un caniveau aménagé en amont de ces murs et relié au réseau pluvial permettra de protéger l'école des ruissellements collinaires,
- le mur situé au haut de la cour haute dépassera d'un mètre le niveau du sol pour éviter les roulements de roches et sera un mur de soutènement,
- le dimensionnement des fondations (notamment les murs de soutènement façade Nord) et de la structure des bâtiments tiendront compte de la nature des terrains définie par les études géotechniques.

Par ailleurs, la zone d'étude va être délimitée par la mise en place de grillages.

2. Zonage des aléas mouvements de terrain

A l'issue de la précédente note technique (note 2011 SAR/Mayotte 18), le zonage des aléas mouvements de terrain a été retouché et faisait alors état pour la zone d'étude (cf. Illustration 3) :

- d'un aléa fort chutes de blocs (phénomène dominant) potentiellement accompagnées de glissements de terrain sur la majorité de la zone d'étude
- d'un aléa fort glissements de terrain (phénomène dominant) potentiellement accompagnés de chutes de blocs à la limite Sud de la zone d'étude
- d'un aléa moyen de chutes de blocs (phénomène dominant) potentiellement accompagnés de glissements de terrain dans la partie Nord-Est de la zone d'étude
- d'un aléa moyen glissements de terrain (phénomène dominant) potentiellement accompagnés de chutes de blocs dans la partie Sud-Est de la zone d'étude.

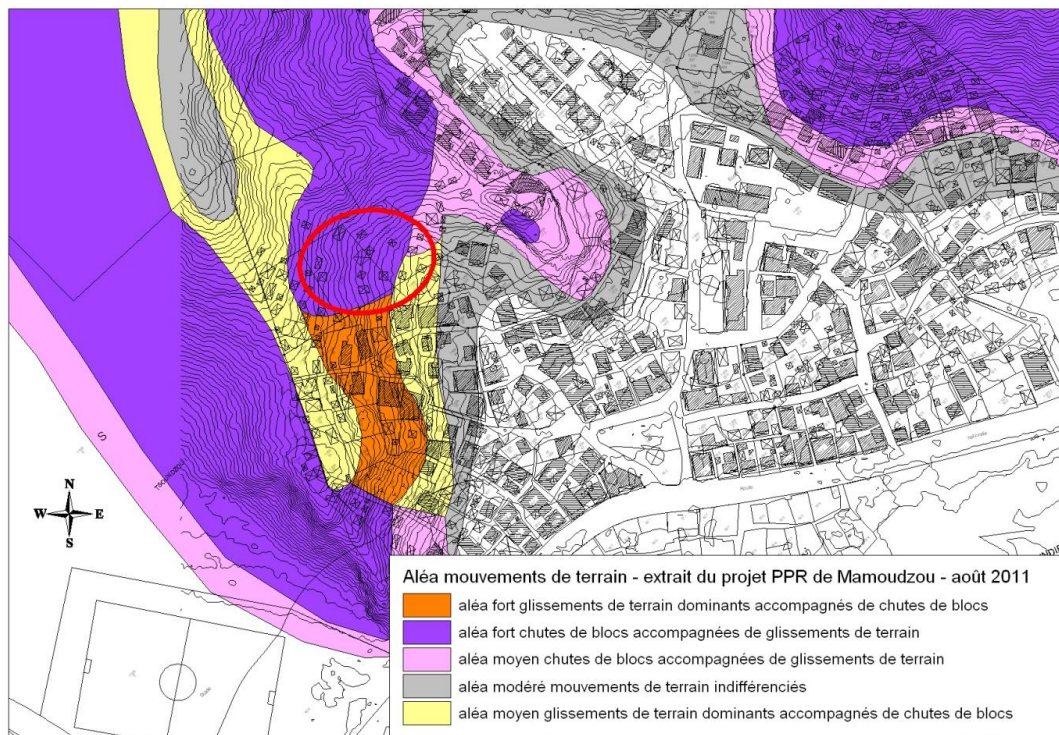


Illustration 2 – Extrait du zonage de l'aléa mouvements de terrain sur la commune de Mamoudzou d'après la note technique (2011-18). Fond MNT IGN 2008 – Courbes de niveau 1 m.

Conclusions et recommandations du BRGM

La purge des blocs décimétriques en subsurface et les aménagements prévus concernant la mise en place de murs de soutènement et l'évacuation des eaux pluviales conduisent à une modification du zonage de l'aléa fort chutes de blocs établi dans le cadre du projet de Plan de Prévention des Risques (PPR) de la commune de Mamoudzou. La partie inférieure du bassin de risque est reclassée en aléa moyen glissements de terrain (phénomène dominant) tandis que la partie supérieure est classée en aléa fort glissements de terrain (cf. Illustration 3).

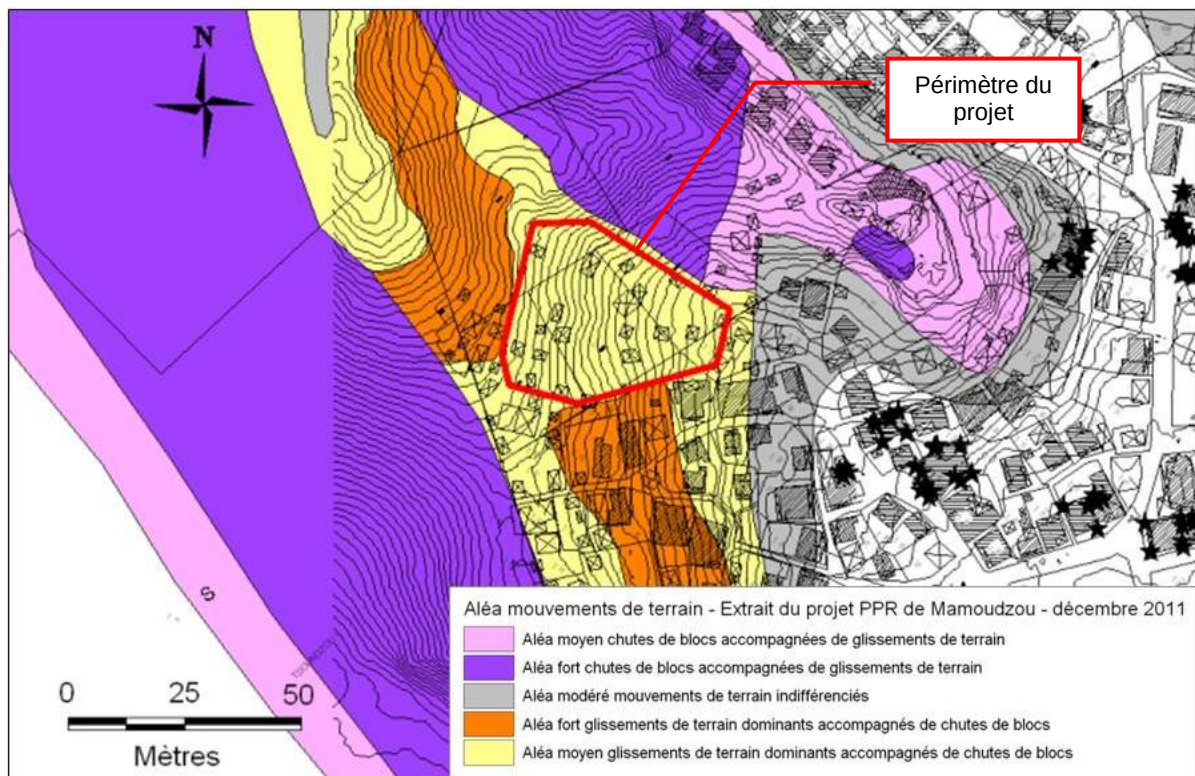


Illustration 3 – Zonage de l'aléa mouvements de terrain modifié d'après le présent avis et intégré à la cartographie des aléas du projet de PPR de Mamoudzou. Fond MNT 2008 © IGN et cadastre 2007 – Courbes de niveau 1 m.

11. Note 2012 SAR/MAYOTTE 03. Précision sur le zonage de l'aléa mouvements de terrain et inondation pour un projet de T6 pour l'école élémentaire Tsararano



Précision sur le zonage de l'aléa mouvements de terrain et inondation pour un projet de T6 pour l'école élémentaire de Tsararano

Janvier 2012
D. Tardy, A. Oppermann
Note 2012 SAR/MAYOTTE 03

Service géologique régional de Mayotte
9, centre Amatooula, Z.I. de Kawéni
BP 363
97600 – Mamoudzou France
Tél. : 02 69 61 28 13 – Fax : 02 69 61 28 15



Visite de terrain	
Date de la visite : 19/01/2012	Site : Nord de Tsararano
Commune : Tsararano (Dembéni)	
Participant(s) : A. Oppermann (BRGM), D. Tardy (BRGM), B. Assirari (SMIAM)	
Objet : Reconnaissances de terrain et évaluation de l'aléa mouvements de terrain et de l'aléa inondation	
Demandeur : DEAL/SEPR/RN	
Diffusion : DEAL/SEPR/RN (G. Lefèbvre) et BRGM de Mayotte	

Circonstances de l'intervention du BRGM

La DEAL de Mayotte par l'intermédiaire de Grégory Lefèbvre (SEPR/RN), a sollicité le BRGM pour une étude de précision du zonage de l'aléa mouvements de terrain et inondation au droit d'un projet de construction d'une école élémentaire (T6) de Tsararano sur la commune de Dembéni. Le site est localisé dans la partie Nord du village de Tsararano au-dessus de la route nationale 2. (cf. Illustration 4).

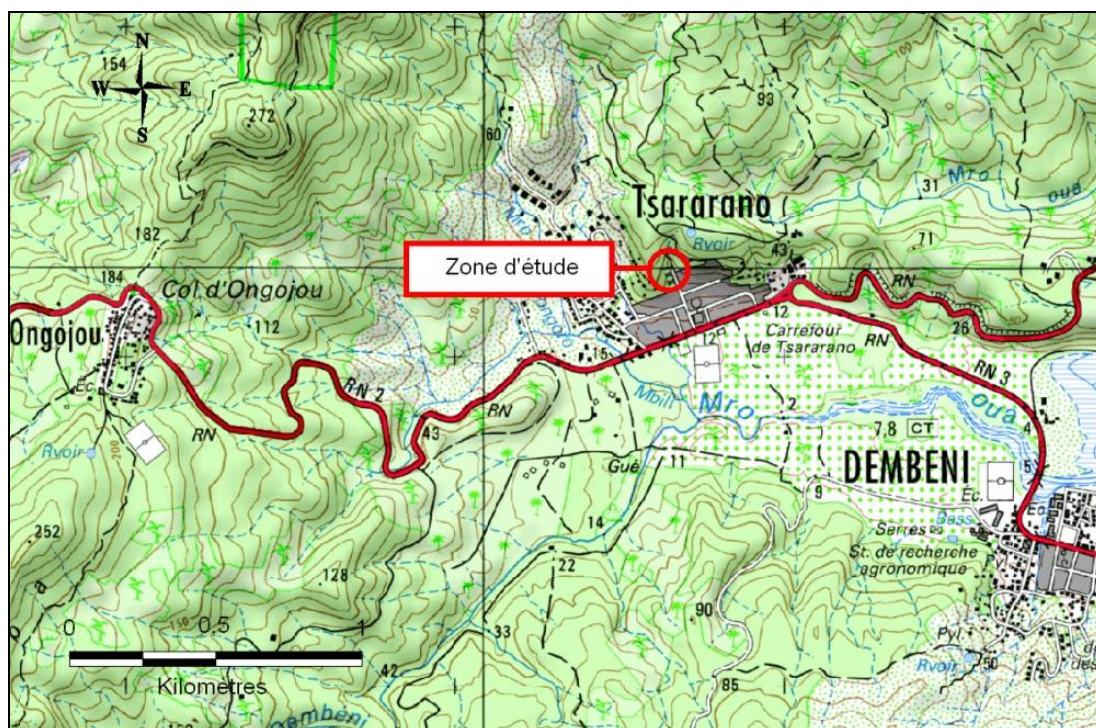


Illustration 4 – Localisation du projet. Extrait du Scan 25 de l'IGN.

Pièces du dossier fournies par le demandeur au BRGM

La DEAL a transmis au BRGM une étude géotechnique du Bureau d'études SEGC (dossier n°910) datant de septembre 2006 concernant le projet de construction. Ce dossier comprend le rapport d'étude géotechnique, des résultats de sondages pressiométriques, pénétrométriques et à la tarière. Deux plans de masse datés d'avril 2008 ont été fournis ainsi que des coupes du bâtiment datées de juillet 2011.

Observations ressortant des compétences du BRGM et diagnostic

Le village de Tsararano a préalablement fait l'objet d'un avis BRGM (note de 2009 intitulé « Précision sur le zonage de l'aléa mouvements de terrain au droit du projet de RHI à Tsararano, commune de Dembéli »). La zone d'étude actuelle se localise au sein de cette étude antérieure. Il ressort de cet avis que le zonage a été partiellement modifié.

1. Synthèse géologique et morphologique du site

Le secteur d'étude est localisé au sein d'une ravine de direction Nord-Sud, ainsi qu'au pied d'un versant orienté Est-Ouest (cf. Illustration 5). Le secteur est caractérisé par des reliefs de fortes pentes de 25 à 30° et plus localement supérieures à 35°. En revanche, au sommet de ces reliefs et au pied des versants les pentes sont plus douces tel qu'observé dans la zone d'étude.

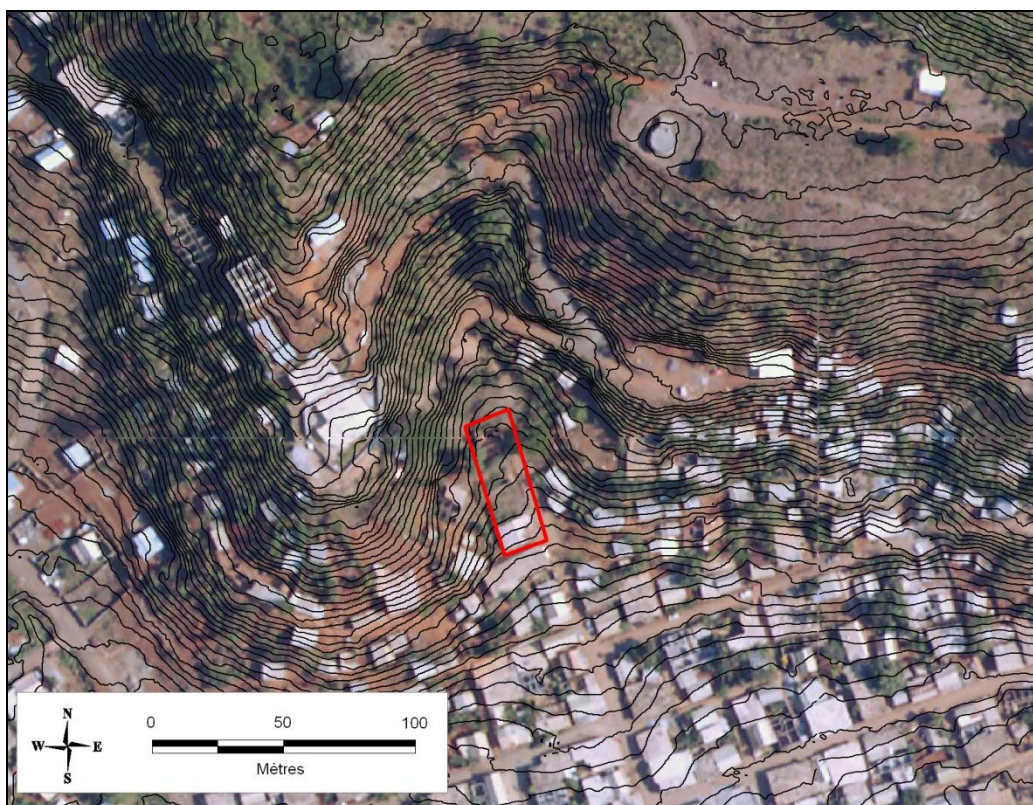


Illustration 5 - Topographie (courbes de niveau – équidistance 1 m) d'après traitement MNT 2008 © IGN et occupation du sol au droit de la zone d'étude. Fond : Orthophotos 2008 © IGN.

D'après l'étude SEGC et les observations de terrain, les formations géologiques rencontrées sur le site correspondent à des colluvions. Il s'agit de limons légèrement argileux, brun à brun clair, contenant des éléments polygéniques altérés de taille millimétrique à pluricentimétrique. Ces formations affleurent en particulier au niveau d'un terrassement sauvage (cf. Illustration 6). Leur épaisseur a été estimée à au moins 5,9 m d'après les sondages de SEGC.



Illustration 6 – Limite Nord du projet, la zone encadrée correspond à un terrassement sauvage, laissant affleurer des colluvions. Photos BRGM.

2. Précision du zonage de l'aléa mouvements de terrain

La méthodologie utilisée dans la cartographie de l'aléa mouvements de terrain lors d'une expertise sur site correspond à celle employée dans le cadre du projet de Plan de Prévention des Risques sur les 5 premières communes de l'île. La démarche utilisée pour évaluer l'aléa mouvements de terrain consiste en une approche naturaliste de type expertise excluant le recours à des investigations lourdes (sondages, essais de laboratoire, etc.) ainsi qu'à des études spécifiques (modélisation trajectographique, etc.).

Ainsi le zonage de l'aléa mouvements de terrain établi à l'échelle du 1/10 000 dans le cadre de l'atlas des aléas de la commune de Dombéni (cf. Illustration 7) fait état pour la zone d'étude :

- d'un aléa fort glissements de terrain (phénomène dominant) potentiellement accompagnés de chutes de blocs ; l'extrémité Nord-Ouest du bâtiment est couverte par cet aléa ;
- d'un aléa moyen glissements de terrain potentiellement accompagnés de chutes de blocs concernant la quasi-totalité de la zone d'étude.

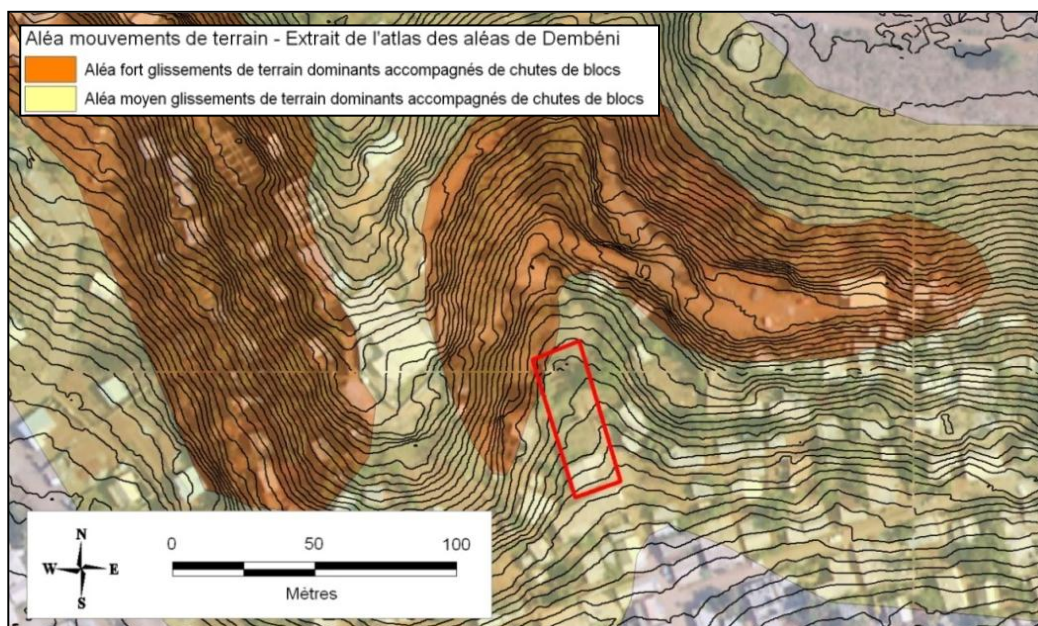


Illustration 7 - Extrait du zonage de l'aléa mouvements de terrain sur la commune de Dombéni. Fond MNT IGN 2008 – Courbes de niveau 1 m.

Les pentes adoucies en pied de versant et l'absence d'indices d'instabilités permettent de modifier l'aléa fort glissements de terrain (phénomène dominant) au niveau de l'extrémité Nord-Ouest du projet en aléa de niveau moyen (cf. Illustration 8). Le terrassement sauvage d'ampleur limitée et d'une hauteur inférieure à 2 m ne constitue pas dans ce cas présent un facteur aggravant.

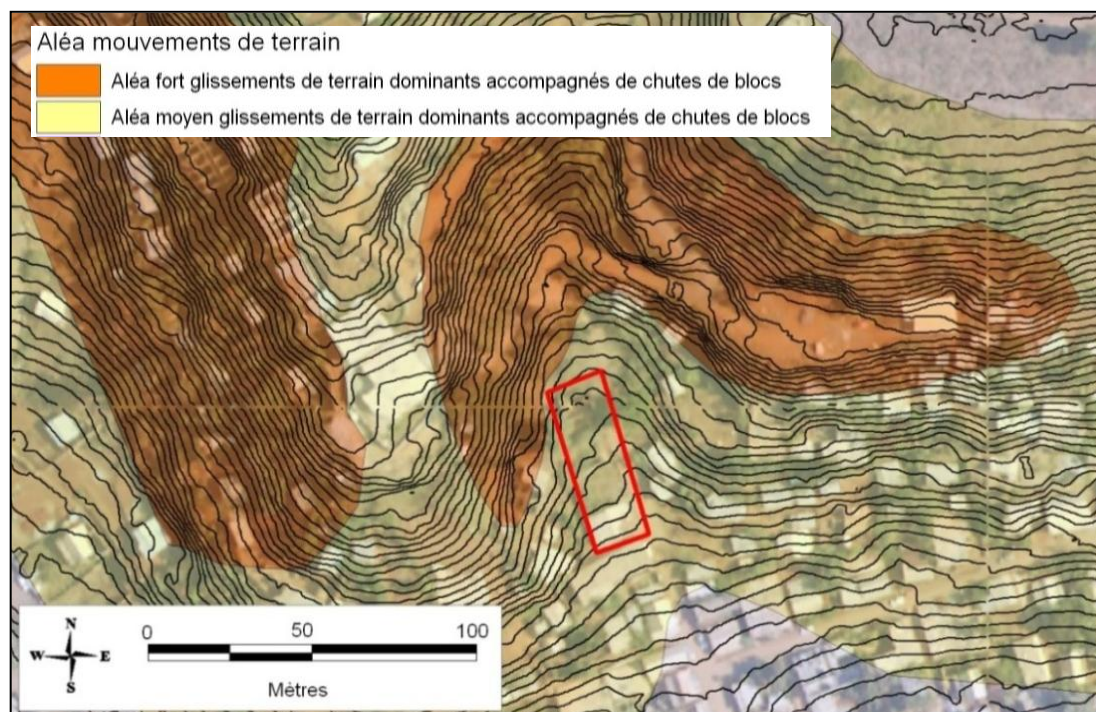


Illustration 8 – Zonage de l'aléa mouvements de terrain modifié d'après le présent avis et intégré à l'atlas des aléas de la commune de Dombéni. Fond MNT IGN 2008 – Courbes de niveau 1 m.

3. Précision de l'aléa inondation

Le zonage de l'aléa inondation par débordement de cours d'eau établi à l'échelle du 1/10 000 dans le cadre de l'atlas des aléas de la commune de Dembéné fait état d'un aléa fort pour la zone d'étude. La bande d'aléa fort de 20 m de large (10 m de part et d'autre de l'axe) correspond à une bande forfaitaire représentant le lit mineur du cours d'eau ainsi que l'érosion des berges (cf. Illustration 9).

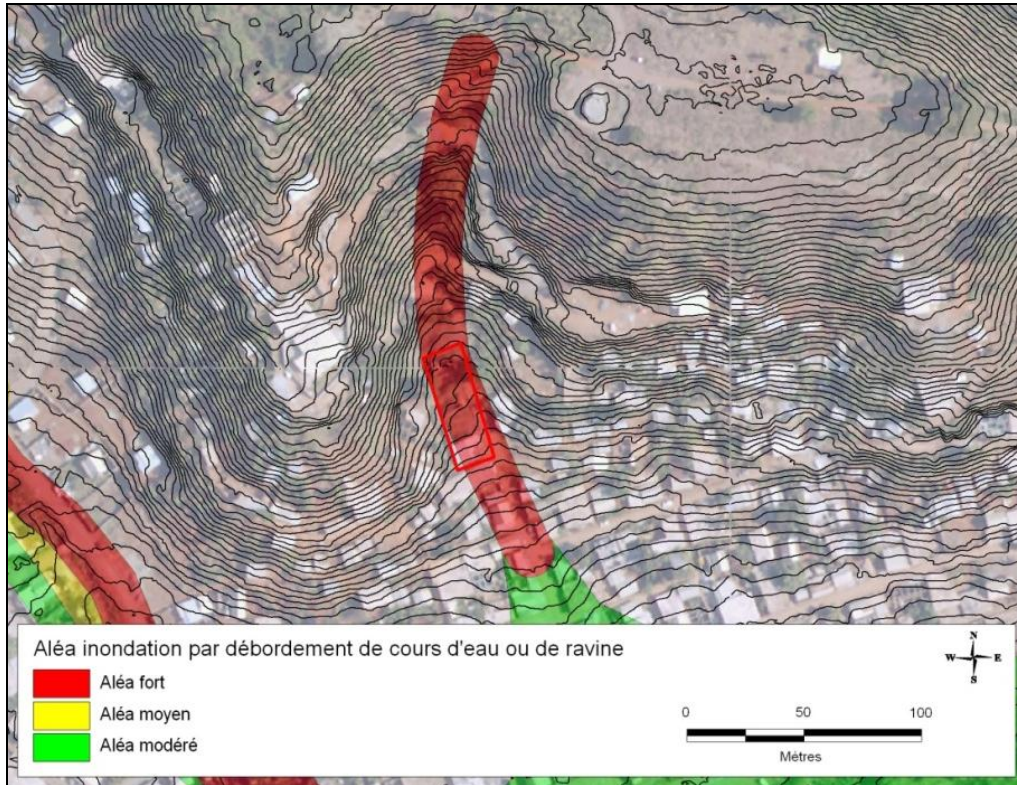


Illustration 9 – Extrait du zonage de l'aléa inondation par débordement de cours d'eau ou de ravine.
Fond MNT IGN 2008 - Courbes de niveau 1m.

La méthodologie utilisée lors d'une expertise sur site dans la cartographie de l'aléa inondation par débordement de cours d'eau ou de ravine correspond à celle employée dans le cadre du projet de Plan de Prévention des Risques sur les 5 premières communes de l'île.

La démarche utilisée pour évaluer l'aléa inondation consiste en une approche naturaliste du type expertise excluant le recours à des modélisations hydrauliques. Les reconnaissances de terrain visent à préciser le positionnement effectif des axes d'écoulement et à déterminer (selon une approche hydrogéomorphologique) les zones de débordement.

La visite de terrain a permis de constater l'existence de caniveaux le long de la route, cette dernière matérialisant le talweg de la ravine. Ces caniveaux permettent une évacuation de l'eau empêchant le ravinement des terrains et les débordements. En outre, le projet intègre l'installation d'un caniveau supplémentaire parallèlement au premier, tous deux ayant un raccordement commun en amont du projet. Ce caniveau supplémentaire, aux dimensions semblables à ceux existants, devra permettre de limiter au maximum les écoulements d'eau du côté de la chaussée où le projet d'école élémentaire est prévu. L'ensemble de ces aménagements hydrauliques (cf. Illustration 10) permet un déclassement de l'aléa fort inondation par débordement de cours d'eau ou de ravine. Ces installations étant dimensionnées en adéquation avec le projet, aucun aléa inondation n'est converti pour la zone étudiée (cf. Illustration 11).



Illustration 10 – Aménagements hydrauliques actuels et futurs (tiretés bleus) sur la zone d'étude. A gauche, zone amont du projet avec le point de raccordement des caniveaux. A droite, caniveau actuel longeant le projet. Photos BRGM.

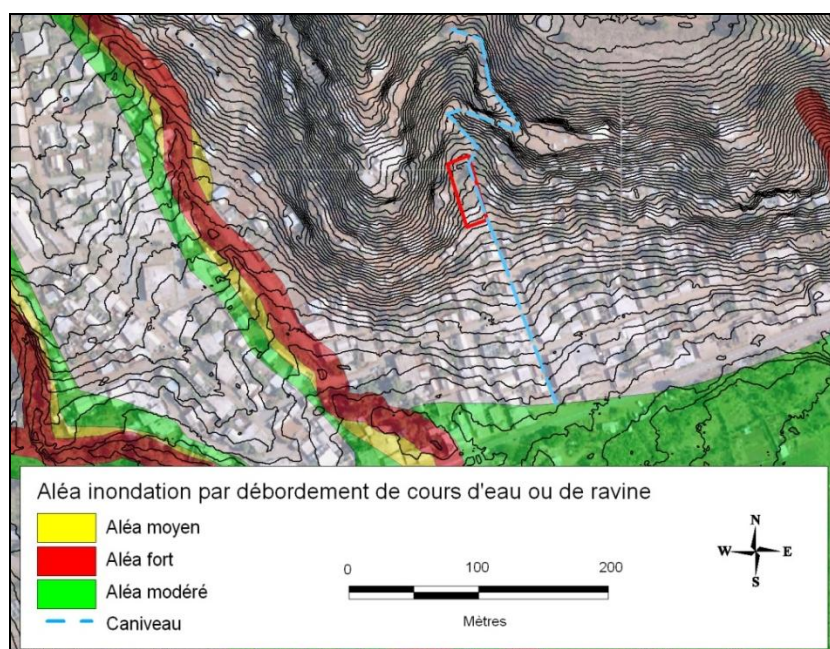


Illustration 11 - Zonage de l'aléa inondation modifié d'après le présent avis et intégré à l'atlas des aléas de la commune de Dembéné. Fond MNT IGN 2008 – Courbes de niveau 1 m.

Conclusion et recommandations

L'analyse des documents géotechniques de SEGC et les observations de terrain d'un point de vue morphologique amènent à modifier légèrement le zonage de l'aléa mouvements de terrain. En effet, les pentes douces constituant le pied du versant et l'absence d'indices d'instabilités réduisent l'intensité de l'aléa glissements de terrain. Le terrassement sauvage, directement en amont du projet ne constitue pas, dans ce cas présent, un facteur aggravant dans la mesure où son ampleur est limitée et sa hauteur inférieure à 2 m. Néanmoins, il est préférable de d'assurer de la stabilité de ce terrassement et c'est pour cette raison que le projet prévoit la mise en place de murs de soutènement et de gabions autour de l'enceinte de l'école.

Le zonage de l'aléa mouvements de terrain est légèrement modifié en aléa moyen glissements de terrain accompagnés de chutes de blocs au niveau de l'extrémité Nord-Ouest du bâtiment.

Les aménagements hydrauliques actuels et futurs permettent de limiter les risques d'inondation par débordements liés à la ravine. Les systèmes d'évacuation de l'eau étant correctement dimensionnés, l'aléa fort inondation est déclassé. En revanche, il est préconisé un entretien régulier des caniveaux mis en œuvre afin de s'assurer du bon fonctionnement de ces derniers (actuellement le bassin de raccordement est largement comblé par des matériaux terrigènes et de la végétation cf. Illustration 10).

**12. Note 2012 SAR/MAYOTTE 04. Avis
concernant l'étude hydraulique ETG
n°20111101-HYD relative au projet de
rénovation urbaine de M'Gombani, commune
de Mamoudzou**



Avis concernant l'étude hydraulique ETG n°20111101-HYD relative au projet de rénovation urbaine de M'Gombani, commune de Mamoudzou

Janvier 2012
A. Oppermann, Y. De La Torre

Note 2012 SAR/MAYOTTE 04

Service Géologique Régional de Mayotte
9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni
BP 363
97600 – Mamoudzou France
Tél. : 02 69 61 28 13 – Fax : 02 69 61 28 15



Visite de terrain	
Date de la visite : 30/01/2012	Site : M'Gombani
Commune : Mamoudzou	
Participant(s) : A. Oppermann (BRGM)	
Objet : Avis concernant l'étude hydraulique établie par ETG	
Demandeur : Grégory Lefèbvre (DEAL/SEPR/RN)	
Diffusion : DEAL/SEPR/RN (G. Lefèbvre), BRGM SGR de Mayotte	

1. Circonstances et objet de la mission

La DEAL de Mayotte par l'intermédiaire de G. Lefèbvre (cellule Risques Naturels), a sollicité le BRGM pour un avis concernant une étude hydraulique réalisée dans le cadre du projet de rénovation urbaine du quartier de M'Gombani sur la commune de Mamoudzou (cf. localisation sur l'illustration 1).

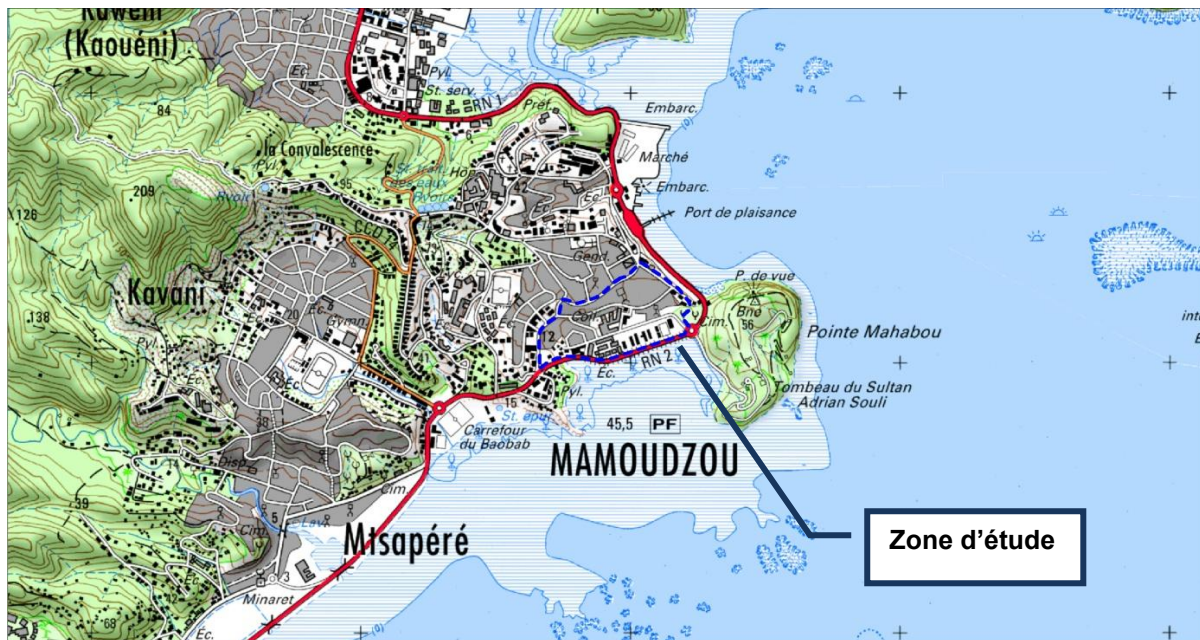


Illustration 1. Localisation de la zone d'étude (fond IGN scan25)

2. Pièces du dossier fournies par le demandeur au BRGM

La mission a pour objet :

- l'analyse des conclusions techniques de l'étude hydraulique référencée au dossier n°20111101-HYD d'octobre 2011 intitulé « projet de rénovation urbaine de M'Gombani », ETG ;
- l'analyse de la pertinence du zonage modificatif de l'aléa inondation proposé dans le cadre de cette étude ;
- la précision du zonage de l'aléa submersion marine d'origine cyclonique.

La mission ne relevant pas d'un contrôle technique *stricto sensu*, les notes de calculs hydrauliques et les modélisations établies dans cette étude n'ont pas été vérifiées dans le

détail, seuls les principes généraux étant examinés. De même, il n'est pas procédé dans le cadre de cet avis à une *critique* de la méthodologie utilisée en matière d'hydrologie et d'hydraulique.

La mission s'appuie également sur une visite du site réalisée en date du 30 janvier 2012.

Les études hydrauliques initiales réalisées par SAFEGE en 2006 et 2008 et dont fait référence ETG dans son étude, n'ont pas été communiquées au BRGM et ne font donc pas l'objet d'un quelconque avis.

3. Zonage des aléas inondations actuel selon le projet PPR

Le projet d'ANRU sur le terre-plein de M'Gombani est sujet à deux types d'aléas inondation, à savoir l'inondation par ruissellement urbain d'une part et la submersion marine d'origine cyclonique d'autre part.

La concomitance de ces deux phénomènes n'étant pas connue pour un évènement centennal⁵, c'est l'aléa présentant la cote de submersion/inondation la plus importante qui doit être retenu.

D'après la cartographie de l'aléa inondation établie à l'échelle du 1/5 000 dans le cadre du projet de Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles de la commune de Mamoudzou, la zone d'étude est couverte par un aléa ruissellement urbain de niveau fort (vitesse d'écoulement des eaux et/ou hauteur d'eau pouvant être importante) et de niveau moyen (accumulation et stagnation d'eau) ainsi que par un aléa submersion marine d'origine cyclonique de niveau fort et moyen (cf. Illustration 2).

Les lignes de surcotes (3,64 m NGM pour l'aléa fort et 6,49 m NGM pour l'aléa moyen) ont été calées sur la topographie issue de la version de novembre 2011 du MNT 2008 fournit par l'IGN, et avec l'aide du plan topographique de la zone d'étude fournit par la DEAL.

⁵ Une étude statistique permettrait de savoir si un même évènement peut générer à la fois des pluies/débits et des surcotes centennales (sous réserve des séries de données climatiques suffisantes).

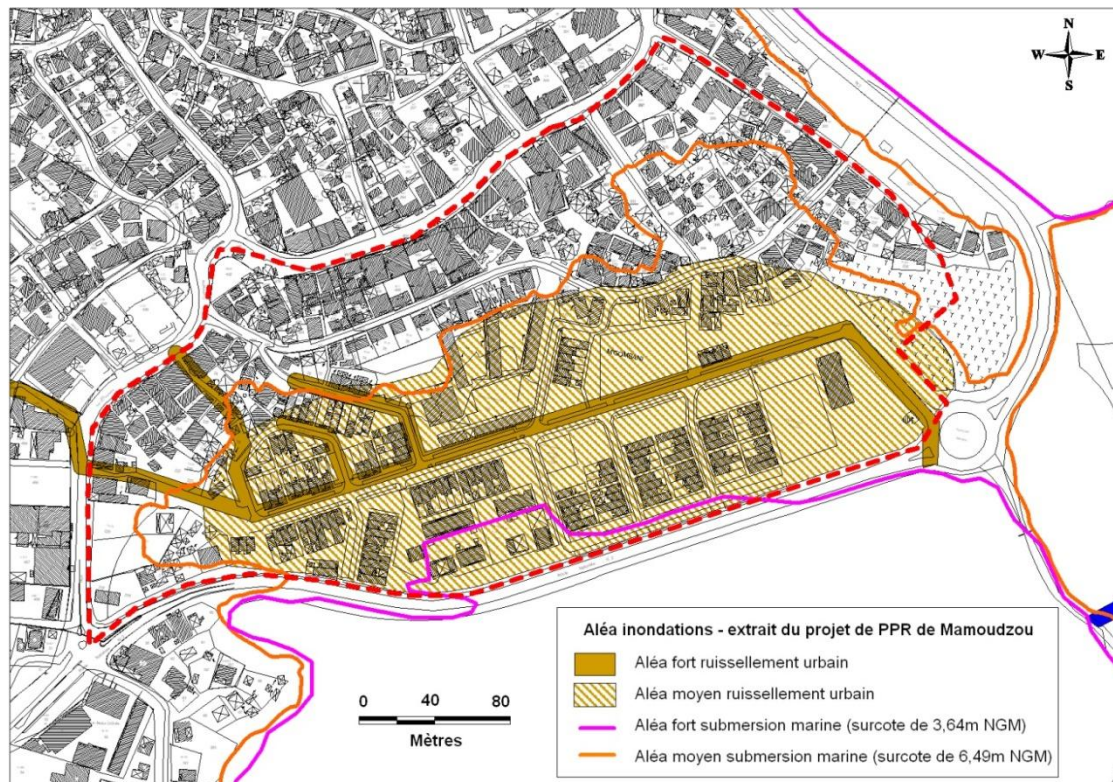


Illustration 2. Extrait du zonage de l'aléa inondations issu du projet de PPR de Mamoudzou agrandi à l'échelle du 1/2500 sur fond cadastral de 2007 (n'incluant pas la prise en compte de l'élévation du niveau de mer à l'horizon +100 ans)

4. Observations ressortant des compétences du BRGM

- Inondation par ruissellement urbain

L'étude d'ETG s'attache à préciser les cotes d'inondation avant et après projet sur la base de simulations selon deux scénarios :

- **1)** prise en compte d'une crue décennale concomitante avec un aléa submersion marine d'origine cyclonique de niveau fort (simulation 1) ;
- **2)** prise en compte d'une crue centennale concomitante avec une pleine mer de vives eaux à 2,42 m NGM (simulation 2).

Chapitre 1.4. – Objet de la présente étude hydraulique

Il est indiqué que « sur la base des données déjà existantes de l'étude hydraulique initiale de SAFEGE (caractéristiques du bassin versant, calculs hydrauliques, ...), la présente étude doit permettre d'optimiser la connaissance et, de fait, le zonage de l'aléa inondation par stagnation et accumulation d'eau sur le secteur de M'Gombani au titre du futur PPR de Mamoudzou, **sans prise en compte de l'aléa submersion marine** ».

Néanmoins, pour la réalisation de la modélisation du zonage de l'aléa inondation par stagnation et accumulation d'eau ETG propose deux scénarios comme signalé précédemment avec, pour le premier, la prise en compte de la surcote de l'aléa fort submersion marine).

Chapitre 3.1.2. Analyse hydraulique

S'il n'y a pas lieu de mettre en doute la méthodologie employée pour ces simulations, les chiffres obtenus pour les cotes d'inondations n'ont pu être vérifiés car il faudrait refaire la modélisation.

Modélisations d'avant-projet

Les deux simulations d'avant-projet mettent en évidence les zones inondables sur le secteur étudié et permettent d'affiner le zonage de l'aléa inondation du projet de PPR. D'une façon générale sur la zone d'étude, les hauteurs d'eau calculées sont inférieures à 50 cm en comparant les cotes d'inondations calculées et le plan topo + le MNT 2008. Néanmoins, les modélisations effectuées font également état de secteurs présentant des hauteurs d'eau comprises entre 50 cm et 1 m. Ces secteurs sont localisés :

- en partie basse, en bordure du muret séparant le quartier de M'Gombani et la RN (casier C001 et casier C01B),
- en contrebas de la rue M'Gombani (jonction entre les casiers C005 et C02B. ETG précise que ce secteur est également soumis à des vitesses d'écoulement fortes (d'après la méthodologie PPR, une vitesse d'écoulement $> 0,5$ m/s est considérée comme forte) du fait d'une pente importante.

Modélisations d'après-projet

ETG indique que pour la modélisation d'après-projet, seule la simulation 2 a été retenue dans la mesure où les aménagements prévus devraient permettre une évacuation des eaux pluviales (débit vingtennal) **seulement si** le niveau marin reste inférieur au point bas du secteur (environ 3,30 m NGM au niveau de la RN (cf illustration 3). Autrement dit, dans le cas d'une simulation 1 (crue décennale + surcote marine à 3,64 m NGM), la partie basse du quartier conservera son caractère inondable (Hauteur d'eau comprise entre 50 cm et 1 m → **aléa moyen d'inondation**).

Ainsi, il est conclu qu'en situation d'après-projet, dans le cas d'une simulation 2 associant un débit centennal et la PHMVE (2,42 m NGM), « les hauteurs d'eau sont systématiquement inférieures à 50 cm » → **aléa faible d'inondation**.

Néanmoins, les tronçons des voiries pour lesquelles les vitesses d'écoulement sont supérieures à 0,5 m/s, notamment les rues de M'Gombani, Boelachingo et la rue traversant le casier C005 et C02B, en raison de la pente et du débit sont classées en aléa fort de ruissellement. ETG propose un zonage tenant compte de ces éléments dans la situation du projet.

ETG conclut l'analyse en précisant, eu égard des résultats obtenus par modélisations, que les aménagements d'évacuation des eaux pluviales « conduisent à réduire le risque inondation par rapport à la situation actuelle **tant** que le niveau marin reste modéré (c'est à

dire inférieur à 3,30 m NGM) » et **sous réserve** que les réseaux soit entretenus et opérationnels.

ETG souligne également le non renforcement du réseau pluvial dans le secteur Nord-Est du quartier (casier C005 et C02B) ne permettant pas de réduire le risque d'inondation. En effet, la situation d'après-projet est globalement similaire à celle actuelle d'un point de vue de l'inondabilité. **Il conviendra ainsi de renforcer le réseau pluvial sur ce secteur.**

- **Inondation par les submersions marines**

Pour rappel la submersion marine résulte de la conjonction de la marée astronomique, de la surcote atmosphérique et des effets de la houle.

Les zones inondées par la surcote marine totale se décompose en deux zones :

- **une zone d'aléa moyen** pour les submersions marines occasionnées par les cyclones de type « exceptionnel » (probabilité d'occurrence faible). La cote de référence est estimée à 6,49 m NGM.
- **une zone d'aléa fort** pour les submersions marines occasionnées par les cyclones de type « standard » (probabilité d'occurrence importante). La cote de référence est estimée à 3,64 m NGM

L'estimation des cotes de références pour les aléas moyen et fort intègre les valeurs suivantes :

- marée astronomique ou PHMVE égale à 2,42 m NGM ;
- surcote atmosphérique (modélisation Météo France de 2004) égale à 0,62 m NGM pour l'aléa fort et 3,47 m NGM pour l'aléa moyen ;
- houle cyclonique (en arrière de mangrove) égale à 0,6 m NGM.

Protection contre la houle

La première remarque concerne l'effet de la houle cyclonique. La valeur forfaitaire de 0.6 m NGM en arrière de mangrove correspond à une estimation (Haugomat, 2000). Le terre-plein de M'Gombani bénéficie tout comme celui de M'Tsapéré d'une localisation relativement abritée de la houle compte-tenu de sa position en arrière d'un récif barrière continu, de Petite-Terre, de l'îlot Mbouzi et de la Pointe Mahabo. En outre, la mangrove d'une largeur d'au moins 60 m participe à la dissipation de l'énergie de la houle.

En revanche, si ces facteurs ont un effet réducteur, ils ne garantissent pas une protection totale vis-à-vis d'une houle cyclonique dont les effets en termes de submersion du terre-plein dépendent davantage des propriétés protectrices de la route-digue (franchissement). Or, contrairement au terre-plein de Mtsapéré où la route-digue est plus haute que la cote de submersion (run-up), il semble que pour M'Gombani cette route est trop basse (3,30 m NGM au point le plus bas contre 3,64 m NGM de surcote estimée pour l'aléa fort) pour que l'on puisse effectuer le zonage uniquement sur des paramètres de surcote (pour rappel les submersions marines sont à prendre en compte à la fois à partir de la surcote ET des effets du déferlement des vagues). **Le paramètre de houle est donc à conserver dans le calcul de la cote de submersion.** Quant à savoir si la valeur de +0.6 m proposée par Haugomat (2000) est adaptée au terre-plein, seule une modélisation fine permettrait d'être plus précis.

A défaut, un avis à dire d'expert en fonction d'évènements historiques et de submersions connues pourrait permettre d'ajuster le zonage présenté.

Enfin, il est à noter que l'élévation du niveau de la mer en relation avec le changement climatique est un facteur aggravant qui n'est pas pris en compte dans le zonage.

Niveau marin extrême et submersion marine

L'estimation de la surcote marine pour un événement de type *Feliksa* (probabilité d'occurrence importante) est alors basée sur la marée, la surcote atmosphérique et la houle et correspond à **3,64 m NGM**.

Compte-tenu de la topographie du secteur et du profil concave de la route nationale, les débordements pourraient se produire au niveau du point bas de la RN, à environ 3,30 m NGM selon le plan topo.



Illustration 3. Localisation du point bas de la RN

Sur la base de ce scénario, un zonage de l'aléa submersion marine peut être proposé (croisement avec le MNT IGN 2008) (cf. Illustration 2). Les parties inondables par la mer pour un événement cyclonique d'occurrence importante sont considérées en aléa fort de submersion marine, conformément à la méthodologie employée dans le cadre du projet de Plan de Prévention des Risques (PPR) de la commune de Mamoudzou. L'aléa moyen se base sur la surcote atmosphérique de *Kamisy* (probabilité d'occurrence faible).

Conclusion en termes de cartographie et préconisations

Compte-tenu des éléments d'étude analysés, il apparaît que l'inondation du quartier est directement liée au ruissellement urbain et est conditionnée par l'aléa submersion marine.

Les aménagements pluviaux projetés pour un débit centennal permettraient de réduire considérablement le risque d'inondation sur le quartier (hormis quelques secteurs avec H eau > 50 cm) **seulement si** le niveau marin est inférieur à 3,30 m NGM. Il conviendrait ainsi de réaliser une étude statistique qui permettrait de savoir si un événement peut générer à la fois des pluies/débits et des surcotes centennales. Dans ces conditions, **le zonage d'aléa défini dans le cadre du projet de PPR de la commune de Mamoudzou (cf. illustration 2) est maintenu.**

On retiendra également que le secteur est concerné sur sa totalité par un aléa submersion marine de niveau moyen et qu'il conviendra de se référer à la réglementation PPR, surtout pour les projets de bâtiments autre que les maisons individuelles qui seraient conditionnés par « *une étude technique qui précisera les conditions dans lesquelles le projet sera rendu compatible avec le niveau moyen de l'aléa considéré* »

Avertissement

Une consultation engagée par le MEEDDM auprès d'experts est actuellement en cours concernant l'élévation du niveau marin d'ici 2100. D'après l'hypothèse proposée par le MEEDDM, il conviendrait de rajouter une élévation du niveau de la mer d'au moins 0,48 m à l'échelle +100 ans dans le cadre du phénomène de changement climatique⁶. Cela engendrerait ainsi une réévaluation à la hausse des cotes de submersion marine en aléa fort et moyen. Ce qui justifie d'autant plus le fait qu'en l'état actuel des connaissances, une modification de l'aléa inondation ne paraît pas envisageable au droit du secteur de M'Gombani tant qu'une modélisation fine au droit du site n'est pas réalisée.

⁶ 0.48 m correspond à la valeur médiane de l'accélération du niveau des océans publiée par l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) en 2007.

13. Note 2012 SAR/MAYOTTE 01. Avis concernant le projet d'extension et de réhabilitation de la maison d'arrêt de Majicavo vis-à-vis des aléas inondations et submersion marine d'origine cyclonique



Avis concernant le projet d'extension et de réhabilitation de la maison d'arrêt de Majicavo vis-à-vis des aléas inondations et submersion marine d'origine cyclonique

Janvier 2012
A. Oppermann

Note 2012 SAR/MAYOTTE 01

Service géologique régional de Mayotte
9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni
BP 363
97600 – Mamoudzou France
Tél. : 02 69 61 28 13 – Fax : 02 69 61 28 15



Appui 2011-2012 à la DEAL de Mayotte	
Date de la visite : /	Site : Maison d'arrêt Majicavo-Lamir
Commune : KOUNGOU	
Participant(s) : /	
Objet : avis concernant le projet vis-à-vis des aléas inondations et submersion marine d'origine cyclonique	
Demandeur : DEAL/SEPR/RN (G. Lefèbvre)	
Diffusion : DEAL/SEPR/RN (G. Lefèbvre) et BRGM/SGR de Mayotte	

1. Circonstances de l'intervention du BRGM

La DEAL de Mayotte par l'intermédiaire de G. Lefèbvre (cellule Risques Naturels), a sollicité le BRGM pour un avis concernant le projet d'extension et de réhabilitation de la maison d'arrêt de Majicavo-Lamir au titre des aléas inondations.

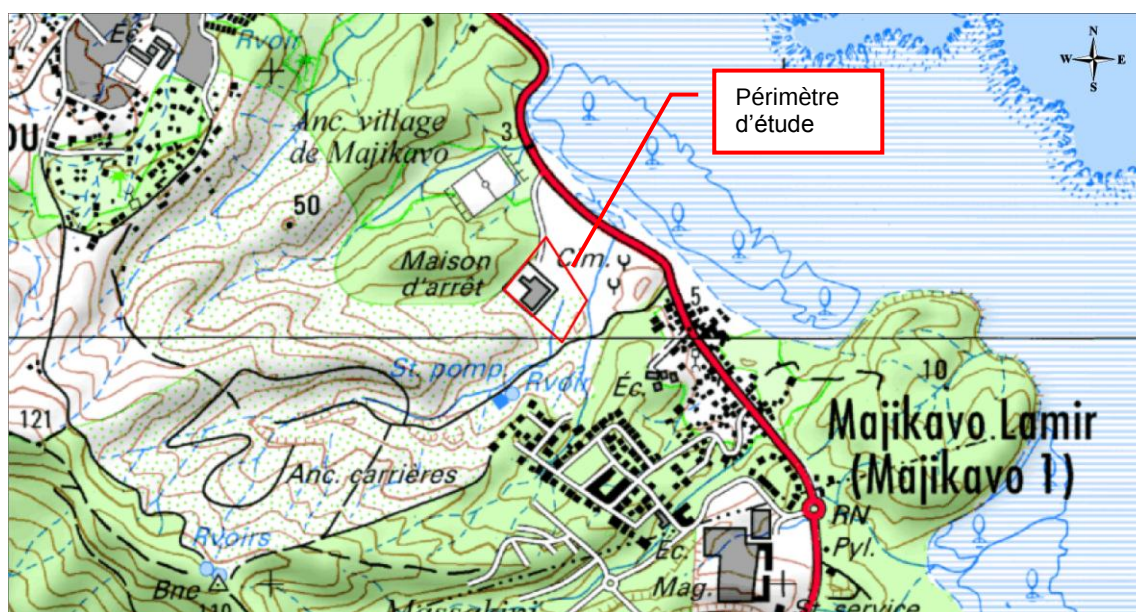


Illustration 1. Localisation de la zone d'étude. Extrait du Scan25 de l'IGN.

2. Pièces du dossier fournies par le demandeur au BRGM

Dans un premier temps, la DEAL a transmis au BRGM, le rapport « Etude Hydraulique, Extension de la Maison d'arrêt de Majicavo-Lamir ». Ce rapport (n°20112211-HYD) a été réalisé par ETG en date du 02/09/2011, le maître d'ouvrage de ce projet étant L'APIJ.

A la demande de COLAS (groupement attributaire du projet) en date du 22 novembre 2011, le BRGM a émis un premier avis succinct sur l'étude hydraulique et plus particulièrement sur les données/paramètres hydrologiques retenus par le BE ainsi que sur le dimensionnement des ouvrages. Les observations ressortant de cette première analyse sont exposés au § 3.1 et des compléments à l'étude hydraulique ont été demandés par le BRGM.

Les compléments demandés par le BRGM ont été intégrés au dossier de demande d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau, sous forme d'additif. Le dossier intitulé additif n°1 et réalisé par le BE ESPACES en décembre 2011 a été transmis au BRGM le 16 janvier 2012.

Le présent avis concernant le projet vis-à-vis des aléas inondations porte sur ces deux documents et la connaissance du projet de dossier PPR en cours d'élaboration pour la commune de Koungou.

3. Observations ressortant des compétences du BRGM et diagnostic

5. Généralités

Le premier avis du BRGM (mail du 22 novembre 2011 à destination de COLAS) concernant l'étude initial ETG faisait ressortir les points suivants :

- les bassins-versant intéressant la zone d'étude sont concernés par les valeurs de pluviométrie de la zone 1 (zone littorale et inférieure à une altitude de 150 m) ;
- il serait préférable de dimensionner les ouvrages à proximité de la voie d'accès à la maison d'arrêt sur la base d'une période de retour 100 ans ;
- il serait préférable d'utiliser un coefficient de rugosité (Ks) de K70 pour les caniveaux en béton lisse.

Au regard de l'additif n°1, il apparaît que ces recommandations ont été prises en considération.

6. Hydraulique

Concernant le § 1.2 de l'additif, sur l'assainissement des eaux pluviales, nous retenons que les eaux pluviales seront collectées par des ouvrages de type caniveaux et buses dimensionnés selon des calculs de débits réalisés sur la base d'une situation des valeurs pluviométriques de la zone 1 avec des crues d'occurrence centennale, conformément à ce qui avait été recommandé.

7. Aléas inondations

Le projet d'extension de la maison d'arrêt de Majicavo-Lamir est sujet à deux types d'aléas inondation, à savoir les débordements de ravines d'une part et les submersions marines d'origine cyclonique d'autre part.

La concomitance de ces deux phénomènes n'étant pas connue pour un évènement centennal⁷, **c'est l'aléa présentant la cote submersion la plus importante qui doit être retenu.**

La coupe Sud-est Nord-ouest (figure 2 du rapport ETG) décrit la morphologie du site. Il est précisé que l'actuelle plate-forme de la maison d'arrêt possède une altitude moyenne de 5,30 m NGM.

⁷ Une étude statistique permettrait de savoir si un même évènement peut générer à la fois des pluies/débits et des surcotes centennales (sous réserve des séries de données climatiques suffisantes).

i. Inondation par débordement

L'étude d'ETG s'attache à préciser les cotes d'inondation avant et après projet sur la base de simulations selon deux scénarios :

- **1)** prise en compte d'une crue décennale concomitante avec un aléa submersion marine d'origine cyclonique de niveau fort (simulation 1) ;
- **2)** prise en compte d'une crue centennale concomitante avec une pleine mer de vives eaux à 2,42 m NGM (simulation 2).

S'il n'y a pas lieu de mettre en doute la méthodologie employée pour ces simulations, les chiffres obtenus pour les cotes d'inondations n'ont pu être vérifiés car il faudrait refaire la modélisation.

Il est conclu qu'en situation d'après projet, dans le cas d'une simulation 1 pour le casier A001 (bâtiment existant), « *la prison intramuros n'est pas impactée par la montée des eaux* », avec une cote d'inondation évaluée à 5,5 m NGM. En effet, selon les informations de COLAS, la cote du bâtiment projeté en lieu et place du bâtiment existant sera de 5,6 m NGM au point le plus bas. En revanche, dans le cas de la simulation 2 pour le casier A001, selon ETG « *la prison est fortement impactée par la montée des eaux, plus précisément l'ensemble des bâtiments ayant un niveau de RDC inférieur ou égal à 5,9 m NGM* ».

Concernant les bâtiments projetés au niveau de la ravine actuelle (casier A002), COLAS indique que la cote plancher minimale sera de 5,85 m NGM. Les deux simulations (1 et 2) effectuées par ETG prévoient une inondation des bâtiments (simulation 1 : cote d'inondation de 6,01 m NGM ; simulation 2 : cote d'inondation de 6,21 m NGM).

En somme, dans la situation du projet, ETG précise que la plate-forme support des bâtiments d'extension de la maison d'arrêt génère une forte restriction de la section d'écoulement. Du coup, l'élévation de la cote d'inondation entre la situation actuelle et la situation d'après projet est évaluée à 70 cm au niveau du bâtiment existant (casier A001) dans le cas de la situation la plus défavorable (simulation 2), et à 81 cm au niveau des bâtiments projetés dans la ravine actuelle (casier A002) dans le cas de la situation la plus défavorable (simulation 1).

Un plan (N°3) présente les résultats des modélisations pour chaque point caractéristique d'un casier. On regrettera qu'une proposition de zonage de l'aléa inondation n'ait pas été proposée par ETG en conséquence.

Des préconisations sont proposées par ETG. La mise en place d'ouvrages de type caniveaux et buses dimensionnés sur la base de crues centennales permettraient de réduire le risque d'inondation.

ii. Inondation par submersion marine d'origine cyclonique

Pour rappel, la submersion marine résulte de la conjonction de la marée astronomique, de la surcote atmosphérique et des effets de la houle.

Eu égard au zonage de l'aléa submersion marine d'origine cyclonique établi dans le cadre du projet de Plan de Prévention des Risques naturels de la commune de Koungou, le site est concerné par un aléa de niveau fort correspondant à une surcote de +3,37 m NGM et par un

aléa de niveau moyen correspondant à une surcote estimée à +6,36 m NGM (cf. Illustration 2).

Les zones inondées par la surcote marine se décomposent en deux zones :

- **une zone d'aléa moyen** pour les submersions marines occasionnées par les cyclones de type « exceptionnel » → probabilité d'occurrence faible
- **une zone d'aléa fort** pour les submersions marines occasionnées par les cyclones de type « standard » → probabilité d'occurrence importante

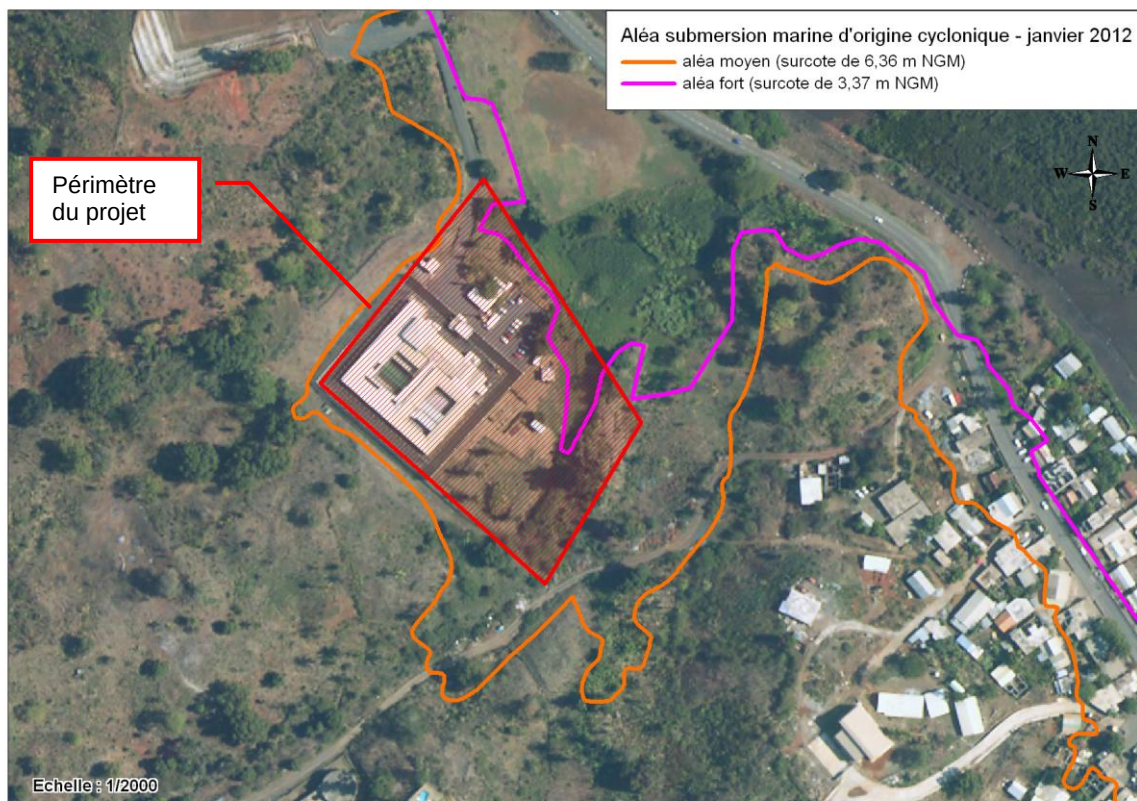


Illustration 2. Extrait du zonage de l'aléa submersion marine d'origine cyclonique établi dans le cadre du projet PPR de la commune de Koungou. Les surcotes (moyen et fort) ont été calées sur le MNT 2008 version novembre 2011.

Dans le cas présent, les paramètres cités ci-dessus montre des valeurs de :

- marée astronomique ou PHMVE : 2,42 m NGM ;
- surcote atmosphérique (modélisation Météo France de 2004) : 0,35 m NGM pour l'aléa fort et 3,34 m NGM pour l'aléa moyen.
- houle cyclonique (en arrière de Mangrove) : 0,6 m NGM

Compte tenu de la topographie actuelle du secteur, la zone d'étude est impactée par un aléa submersion de niveau fort selon la cote 3,37 m NGM au niveau de l'exutoire de la ravine temporaire. **En revanche, l'intégralité de la zone est couverte par un aléa de niveau moyen selon la cote 6,36 m NGM.**

4. Conclusion et recommandations

Au final, il apparaît que l'inondation générée par une submersion marine d'origine cyclonique s'avère plus impactante que celle des crues.

En l'absence d'éléments sur la concomitance de ces phénomènes (une étude statistique à réaliser), il convient donc de prendre en compte le zonage de l'aléa submersion marine d'origine cyclonique comme référence.

Les dispositions constructives en zone d'aléa moyen submersion marine sont liées au règlement du projet de Plan de Prévention des Risques naturels de la commune de Koungou. Ce règlement indique, pour les zones concernées par un risque moyen de submersion marine, que « *les bâtiments et les aménagements à risque normal de la classe II autre que les habitations individuelles et des classes III et IV ainsi que les bâtiments ou les aménagements à risque spécial sont conditionnés à une étude technique qui précisera les conditions dans lesquelles le projet sera rendu compatible avec le niveau moyen de l'aléa considéré* ». Au titre de la classification des bâtiments, la maison d'arrêt est un bâtiment de catégorie d'importance IV, ou *a minima* de catégorie III.

En conclusion, la cote de 6,36 m NGM représente pour ce projet la cote radier minimale des bâtiments projetés.

Par ailleurs, nous attirons votre attention sur le fait qu'une consultation a été engagée par le Ministère auprès d'experts concernant l'élévation du niveau marin d'ici l'horizon 2100. D'après l'hypothèse proposée par le Ministère, il conviendrait de rajouter une **élévation du niveau de la mer de 0,48 m à l'échelle +100 ans** dans le cadre du changement climatique (0,48 m correspond à la valeur médiane de l'accélération du niveau des océans publiée par l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) en 2007).



Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemain
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional de Mayotte
9, centre Amatoula, Z.I. de Kawéni
BP 363
97600 – Mamoudzou France
Tél. : 02 69 61 28 13