



Document public

Rapport d'expertise :

Précision des aléas mouvements de terrain et inondation pour un projet de collège à Bambo Ouest

BRGM/RP-61583-FR

Octobre, 2012

Cadre de l'expertise :

Appuis aux administrations

Appuis à la police de l'eau

Date de réalisation de l'expertise : **Octobre 2012**

Localisation géographique du sujet de l'expertise :

Bambo Ouest (Mayotte)

Auteurs BRGM : **D. Tardy**

Demandeur : **Vice-Rectorat de Mayotte**

1.89 3740.46 -625.5



Géosciences pour une Terre durable

brgm

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

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

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

Ce document a été vérifié et approuvé par :

Approbateur :	
Nom : P. Puvilland	Date : 31/10/2012
Vérificateur :	
Nom : A. Rey	Date : 30/10/2012

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

Mots clés : expertise – appuis aux administrations – aléas – mouvements de terrain – inondation – Bambo Ouest – Bouéni – Mayotte

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

D. Tardy (2012) – Précision des aléas mouvements de terrain et inondation pour un projet de collège à Bambo Ouest, Rapport final. Rapport BRGM/RP-61583-FR. 22 p., 20 fig..

© BRGM, 2012, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Contexte :

Date de la formulation de la demande d'expertise au BRGM : Août 2012

Demandeur : Vice-Rectorat de Mayotte

Nature de l'expertise : Précision des aléas mouvements de terrain et inondation

Situation du sujet : Village de Bambo Ouest sur la commune de Bouéni

Nature de l'intervention du BRGM : visite de terrain le 02 octobre 2012 par D. Tardy (BRGM de Mayotte)

Faits constatés :

Le site est concerné par un aléa moyen glissements de terrain accompagnés de chutes de blocs et par un aléa fort inondation par débordement de cours d'eau ou ravines selon deux axes traversant le terrain du Nord vers le Sud.

Une étude géotechnique et des notes complémentaires à cette étude ont été établies en 2007 par SEGC, des sondages et des profils de stabilité ont été réalisés.

Diagnostic du BRGM :

- Aléa mouvements de terrain → Conservation de l'aléa moyen mouvements de terrain dans la partie amont au Nord et application d'un aléa modéré mouvements de terrain pour la partie aval au Sud :
 - Pentas relativement faible autour de 10° comportant des zones de replat ;
 - Formations géologiques favorables aux glissements de terrain avec un niveau de colluvions variant de 1 à 3,3 m d'épaisseur reposant sur des altérites ;
 - Versant en amont du terrain expertisé de lithologie similaire et comportant de plus fortes pentes. Des glissements peuvent s'opérer et se propager sur la partie Nord du secteur. Les zones de replat limiteraient le risque pour la partie Sud.
 - Des blocs pluri-décimétriques sont présents sur l'ensemble du secteur. Deux zones de départ potentiel de chutes de blocs ont été identifiées en amont mais avec un risque limité de propagation jusqu'au secteur d'étude. La première correspond à une falaise rocheuse sub-verticale d'une cinquantaine de mètre de hauteur, cependant, une pente inférieure à 25° sur plus de 500 m avant d'arriver au secteur expertisé limite le risque de propagation. La deuxième est située à proximité du secteur d'étude et correspond à des affleurements de roches altérées dénués de végétation. De nouveau, les pentes étant inférieures à 25° jusqu'au secteur d'étude, le risque de propagation est limité.
 - Quelques plantations de manioc repérées dans la partie Est du secteur qui favorisent le ruissellement de l'eau et l'érosion des sols puisque le sol est dénudé autour des pieds, ce qui constitue un facteur aggravant aux mouvements de terrain ;

- Profil de stabilité réalisé par SEGC présentant un coefficient de sécurité satisfaisant mais non prise en compte de situations défavorables propices aux instabilités (fortes pluies avec saturation des terrains non modélisées).

➤ Aléa inondation par débordement de cours d'eau → axes d'écoulement cartés en aléa fort :

- Levés GPS des 2 axes de ruissellement traversant le secteur ;
- Positionnement de la partie amont de la ravine ouest et de son bras ouest à l'aide des courbes de niveau extraites du MNT ;
- Application d'une zone tampon de 5 m de part et d'autres de l'axe de ruissellement au vu de la taille des bassins-versant, de l'absence de ramification des ravines en amont et puisque le lit mineur de celles-ci est inférieur à 1 m de large.

Recommandations du BRGM :

Le BRGM recommande :

1. De préciser la stabilité des terrains en tenant compte de nos remarques (cf. 3.2.2.) afin de s'assurer de la faisabilité du projet et si nécessaire de définir les mesures de protection adaptées
2. De conserver une végétation dense afin de limiter l'érosion ;
3. De mettre en place un système de gestion des eaux pluviales afin de limiter le ruissellement et d'assurer son entretien régulièrement ;
4. De dimensionner les ouvrages hydrauliques par un bureau d'étude spécialisé et pour des crues d'occurrence centennale tel que prescrit dans la méthodologie PPR (Plan de Prévention des Risques naturels) ;
5. De mettre en œuvre des ouvrages de confortement dimensionnés par un bureau d'étude géotechnique spécialisé afin d'assurer la stabilité du talus sur le long terme. Il faudra prévoir en particulier un mur de soutènement le long de la voirie sur l'ensemble de la zone.

Sommaire

1. Contexte de l'étude	6
2. Situation du site	6
2.1 LOCALISATION DU SITE	6
2.2 CONTEXTE MORPHOLOGIQUE ET GEOLOGIQUE.....	7
2.2.1 Contexte morphologique	7
2.2.2 Contexte géologique.....	8
2.3 ALEA MOUVEMENTS DE TERRAIN	11
2.4 ALEA INONDATION.....	11
3. Précision des cartographies des aléas d'après le présent avis.....	12
3.1 METHODOLOGIE	12
3.2 DONNEES DES ETUDES ANTERIEURES	12
Avis technique du BRGM de 2005.....	12
3.3 ALEA MOUVEMENTS DE TERRAIN	13
3.3.1 Reconnaissance de terrain BRGM	13
3.3.2 Etudes géotechniques de SEGC	16
3.3.3 Proposition de cartographie de l'aléa mouvements de terrain.....	18
3.4 ALEA INONDATION.....	18
3.4.1 Proposition de cartographie de l'aléa inondation	20
3.5 PRECISION DE LA CARTOGRAPHIE DES ALEAS D'APRES LE PRESENT AVIS	21
4. Recommandations et conclusion.....	22

1. Contexte de l'étude

Le Vice-Rectorat de Mayotte, par l'intermédiaire de la DEAL de Mayotte, a sollicité le BRGM pour une précision de l'aléa mouvements de terrain et inondation pour un projet de construction d'un établissement scolaire sur le territoire de la commune de Bouéni au sud de l'île de Mayotte.

Les objectifs de l'étude consistent à préciser la cartographie des aléas (mouvements de terrain et inondation), sans tenir compte du projet de construction (en l'état actuel du site). Une visite de terrain a été réalisée par le BRGM le 02 octobre 2012.

Le site a déjà fait l'objet de trois études, dont deux de la part du BRGM :

- J.C. Audru, 2005. Avis technique concernant les aléas naturels sur le projet de collège de Bouéni à Bambo-ouest, Mayotte. Note 2005 SAR/MAYOTTE 12.
- Construction du Collège de Bouéni – Reconnaissance géologique et géotechnique, Mission de type G12. Décembre 2007. Dossier n°1201. SEGC. + 3 Notes complémentaires (Dossiers n°1201 et n°1317). Aucune précision des aléas n'est abordée dans ces études.
- A. Oppermann, S. Auclair, A. Bitri, JL. Nédellec, J. Rey, A. Roullé, E. Vanoudheusden. (Octobre 2009) - "Evaluation de l'aléa sismique sur les sites de l'extension du collège de Labattoir, de la construction du collège de Bouéni, et du lycée de Chirongui (Mayotte)" - Rapport BRGM/RP-57715-FR – 126 p., 40 illustrations, 19 tableaux, 4 annexes.

Le site a fait également l'objet d'une étude en parallèle visant à définir l'aléa sismique selon la nouvelle réglementation :

- Rey J., R. Cochery (2012) – Evaluation de l'aléa sismique selon la nouvelle réglementation pour la construction d'un collège à Bambo Ouest à Mayotte. Rapport BRGM/RP-61593-FR, 32 p., 10 fig., 4 tabl.

2. Situation du site

2.1 LOCALISATION DU SITE

Le site, de 34 750 m², est localisé sur des terrains dominants directement le CCD6 à la sortie Nord du village de Bambo Ouest sur la commune de Bouéni (cf. Figure 1). Le futur collège est situé dans une zone à pente assez faible (10° en moyenne).

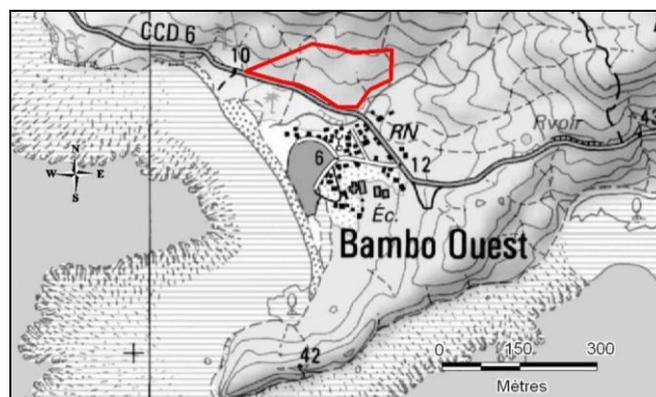


Figure 1 – Localisation du site d'étude. Extrait du Scan25 de l'IGN.

2.2 CONTEXTE MORPHOLOGIQUE ET GEOLOGIQUE

2.2.1 Contexte morphologique

Le site est localisé au pied du versant Sud du Boungoudravani culminant à 286 m. Les altitudes minimale et maximale du site sont respectivement de 10 et 32 m avec une pente moyenne de 10° (cf. Figure 3). La morphologie du terrain est marquée par la présence de paliers dont un majeur au centre du site de près de 25 m de large. Le site ne présente pas de thalwegs fortement marqués topographiquement d'après les courbes de niveau extraites du MNT de l'IGN, ce qui a été confirmé par nos observations de terrain (cf. Figure 2).

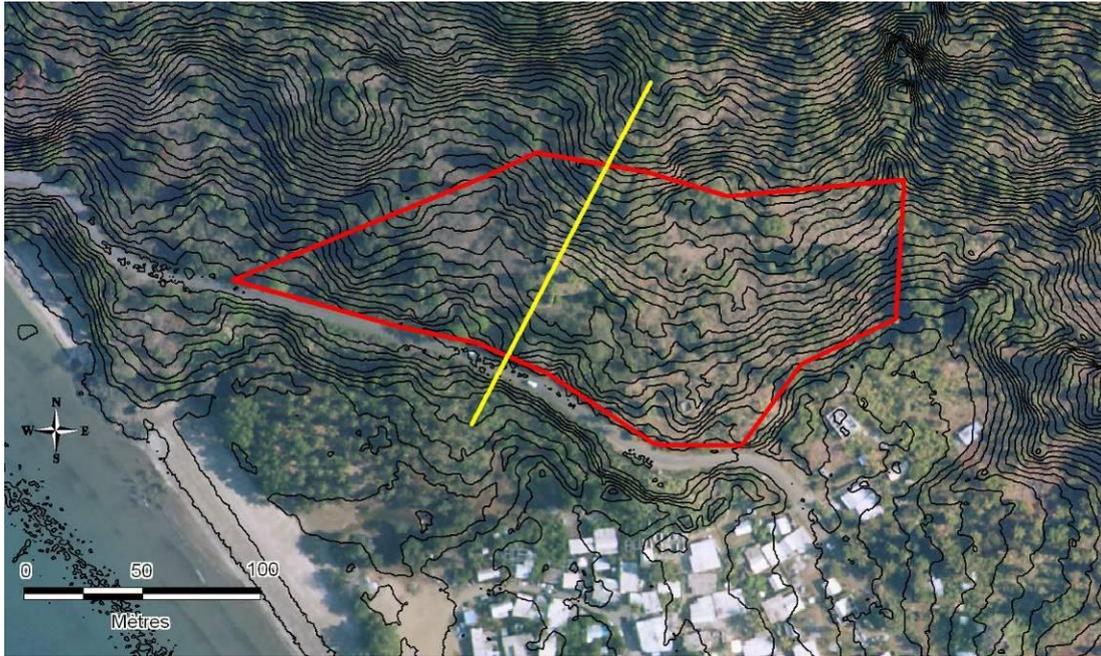


Figure 2 – Contexte morphologique du secteur d'étude. En jaune, profil topographique exposé en Figure 3. Fond orthophotos de l'IGN. Courbes de niveau 1 m.

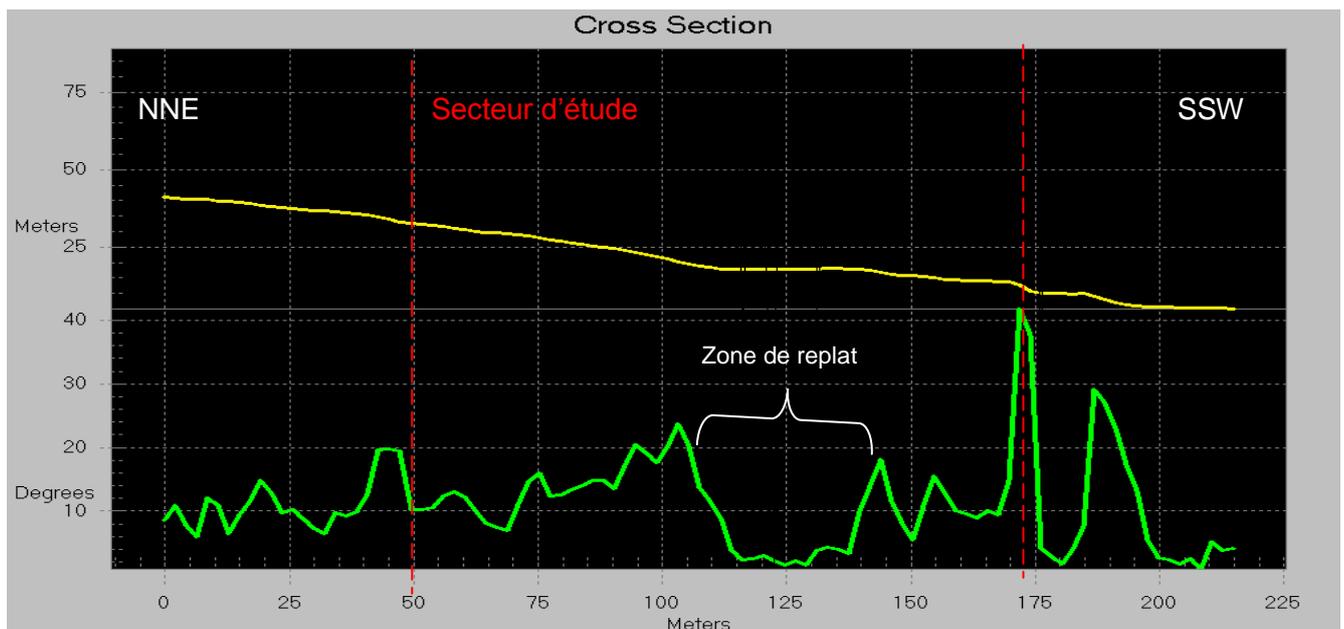


Figure 3 – Profil topographique de la Figure 2 en jaune. En vert, valeurs des pentes associées à ce profil.

2.2.2 Contexte géologique

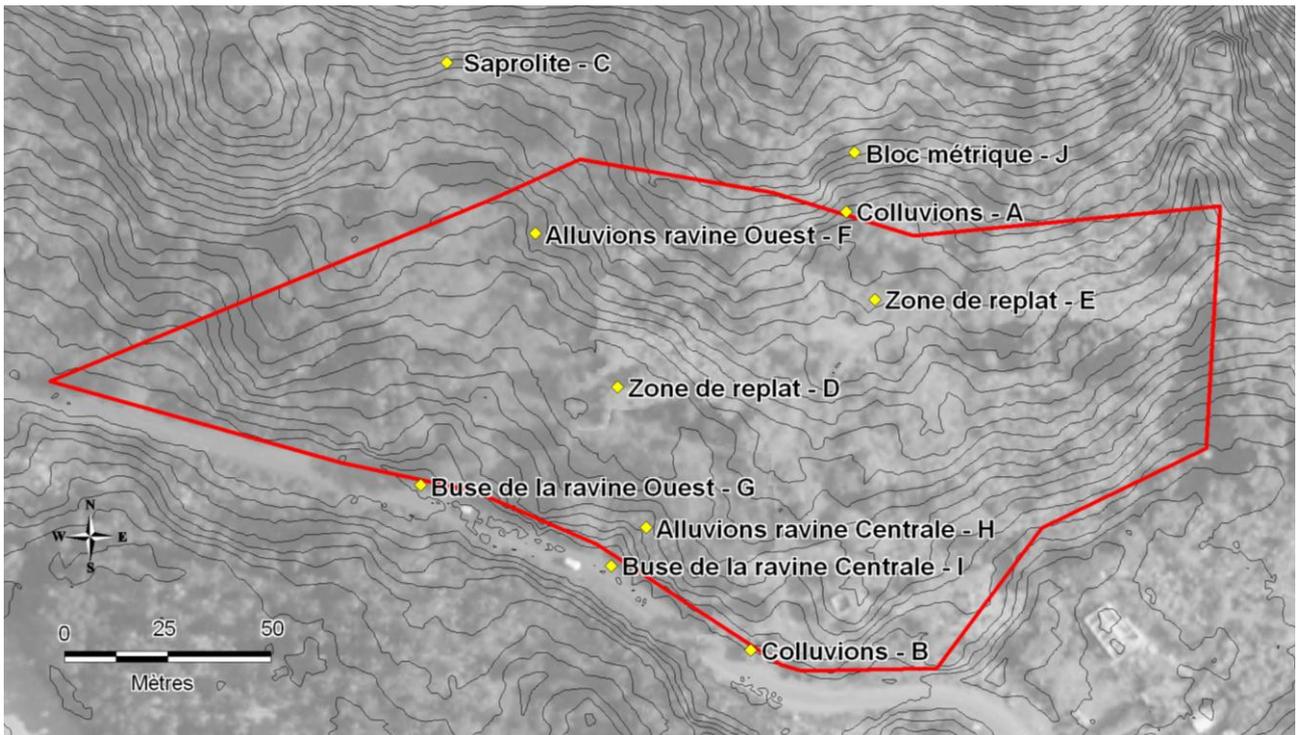
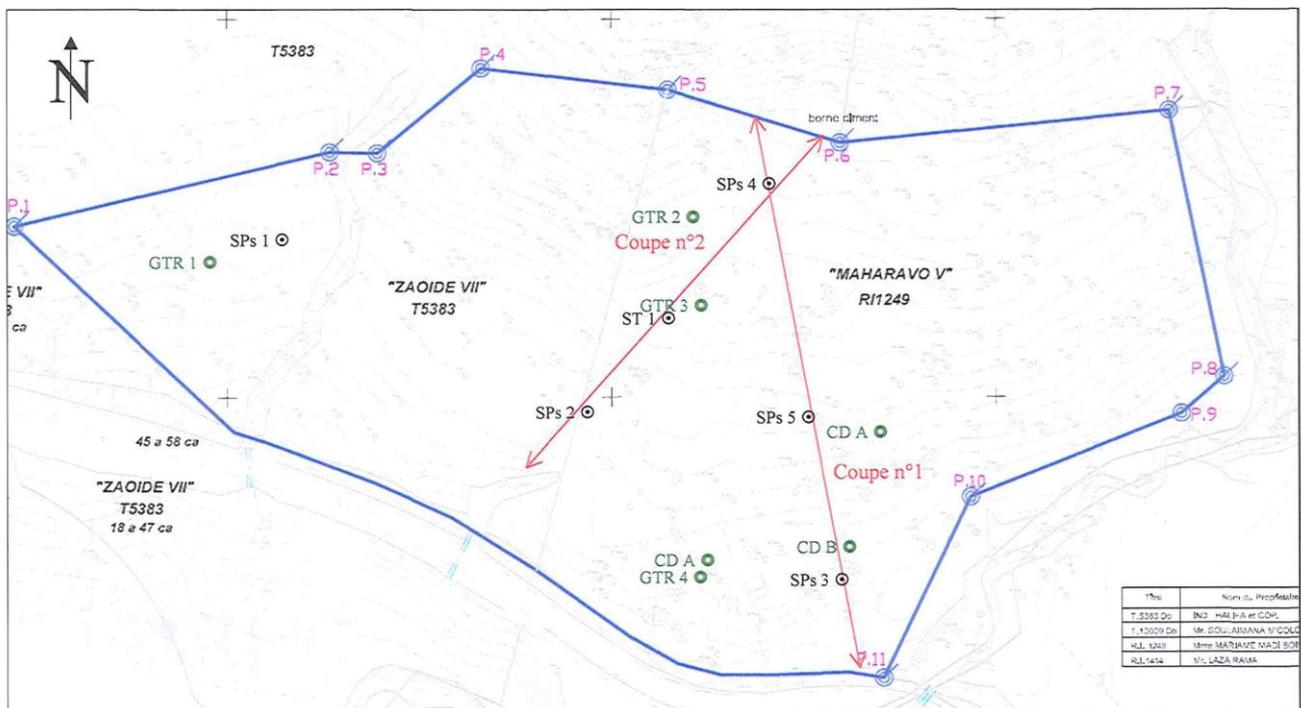


Figure 4 – Carte localisant les affleurements. Les lettres renvoient aux photographies du présent rapport. Courbes de niveau 1 m.

La localisation des investigations réalisées par SEGC dans son étude est présentée sur la figure 5 suivante :



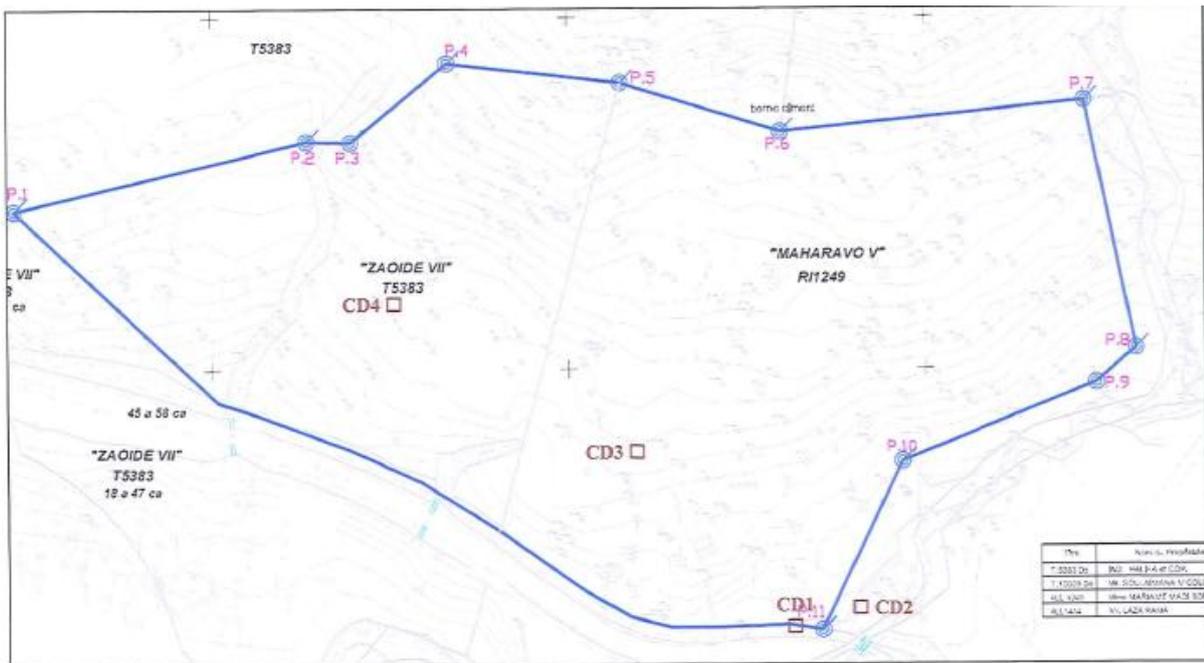


Figure 5 – Localisation des sondages réalisés par SEGC. Extrait du rapport SEGC n°1201.

La zone d'étude est recouverte de formations superficielles correspondant à des colluvions (cf. Figure 6). D'après les sondages réalisés par SEGC, leur épaisseur varie de 1,4 à au moins 3,3 m (cf. Figure 8). Ces colluvions comportent des éléments de taille pluri-décimétrique compris dans une matrice limoneuse de couleur ocre très friable et facilement érodable.



Figure 6 – Affleurement de colluvions. A gauche point A de la Figure 4. A droite point B de la Figure 4.

Sous ces colluvions est observé un niveau d'altérite, au stade saprolite, qui a été mis en évidence au droit d'un talus (cf. Figure 7). Ces formations correspondent à du basalte altéré, montrant une altération en boule caractéristique. D'après les sondages SEGC, l'épaisseur de ces matériaux est d'au moins 7,9 m (cf. Figure 8). La figure 8 correspond à une synthèse lithologique des formations

rencontrées lors des sondages réalisés par SEGC sur le périmètre d'étude en 2007 (6 sondages tarière (SP et ST de la Figure 5 réalisés jusqu'à 9,5 m de profondeur)



Figure 7 – Affleurement de saprolite montrant une altération en boule. Photographie C de la Figure 4.

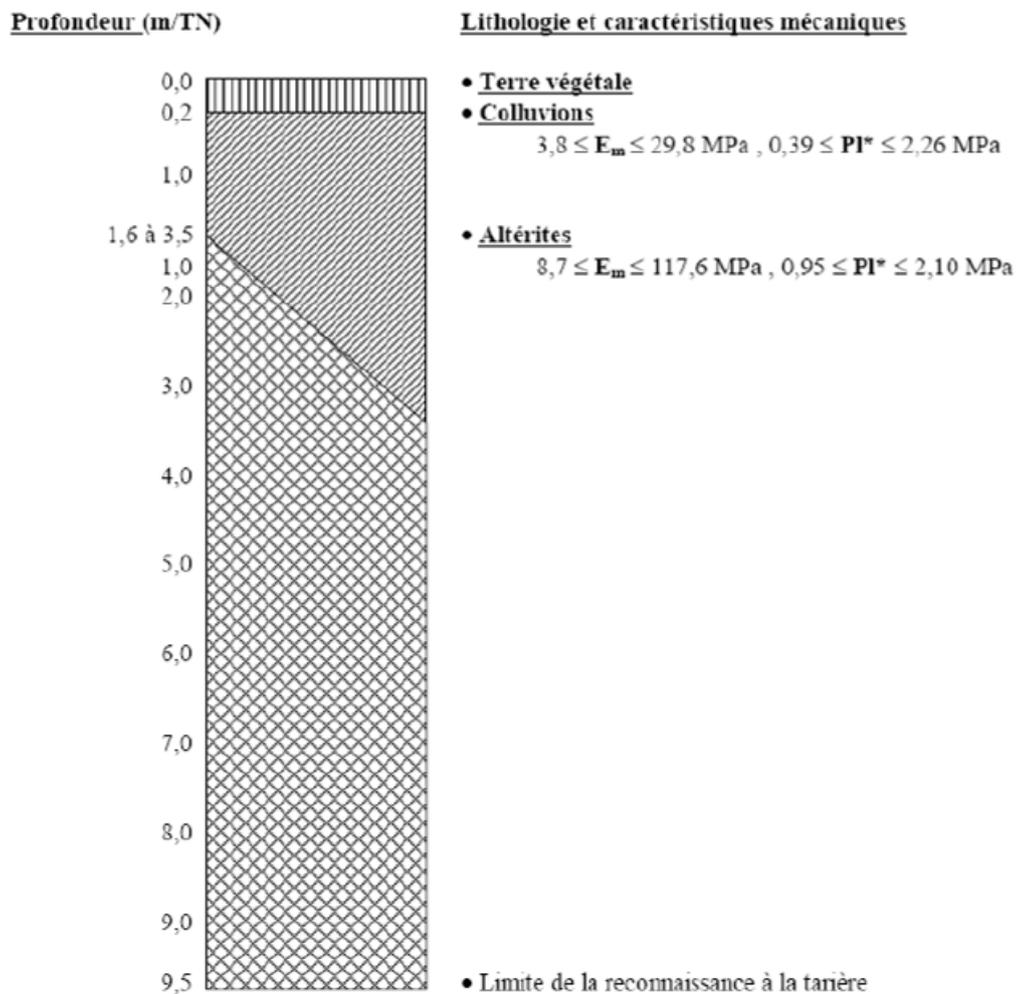


Figure 8 – Coupe géologique interprétative réalisée par SEGC pour le secteur d'étude à partir des sondages localisés sur la Figure 5 (SEGC, 2007).

2.3 ALEA MOUVEMENTS DE TERRAIN

La commune de Bouéni ne dispose pas de PPR approuvé sur son territoire. Son élaboration est programmée pour 2015.

La cartographie 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 Bouéni fait état pour la zone d'étude (cf. Figure 9) :

- d'un aléa nul et moyen glissements de terrain dominants accompagnés de chutes de blocs. L'aléa moyen étant cartographié sur la majorité du terrain étudié et principalement dans la partie nord. Les terrains les moins pentus à proximité du CCD6 sont classés en aléa nul mouvements de terrain.

2.4 ALEA INONDATION

La cartographie de l'aléa inondation par débordement de cours d'eau ou de ravines établi à l'échelle du 1/10 000 dans le cadre de l'atlas des aléas de la commune de Bouéni fait état pour la zone d'étude (cf. Figure 9) :

- d'un aléa fort inondation par débordement de cours d'eau ou ravines au droit de 2 axes d'écoulement.

Les zones cartées en aléa fort inondation sont inconstructibles.

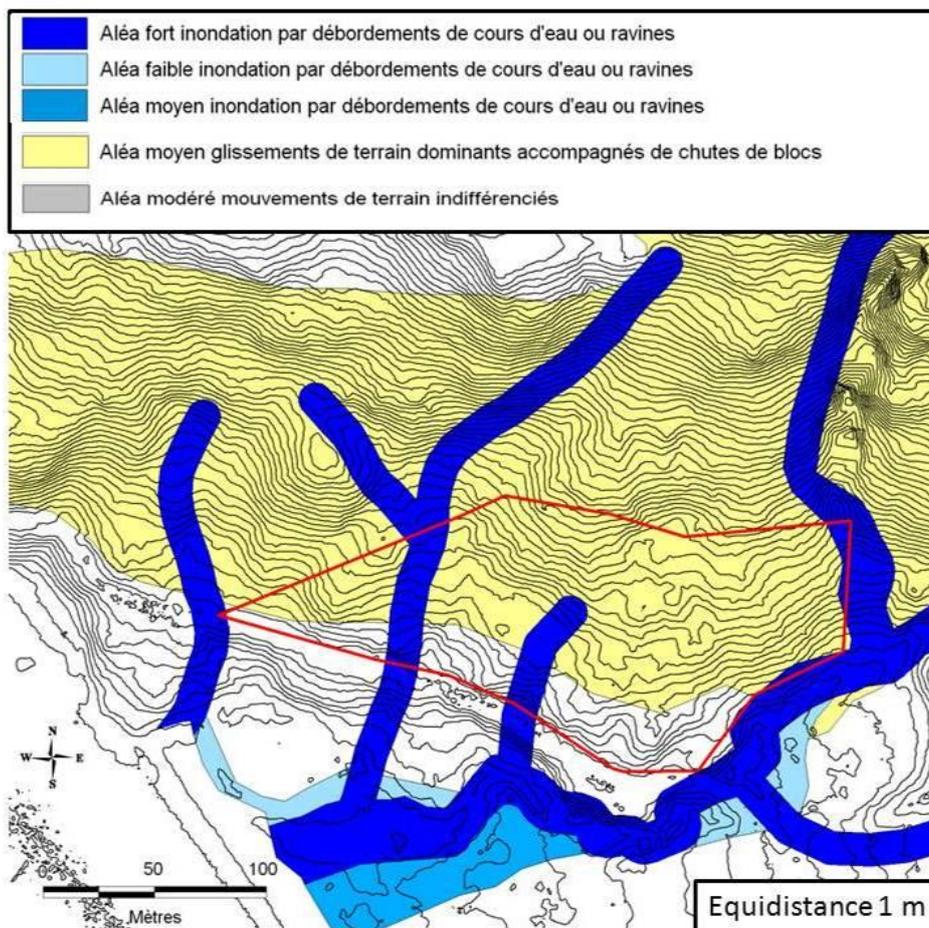


Figure 9 - Extrait de la cartographie des aléas mouvements de terrain et inondation des atlas des aléas de la commune de Bouéni.

3. Précision des cartographies des aléas d'après le présent avis

3.1 METHODOLOGIE

La méthodologie utilisée dans la cartographie des aléas (mouvements de terrain et inondation par débordement de cours d'eau ou de ravine) lors d'une expertise sur site correspond à celle employée dans le cadre de l'élaboration des atlas des aléas et plus récemment pour l'élaboration des cartes d'aléas des premiers PPR de l'île de Mayotte. La démarche employée pour évaluer les aléas, à l'échelle du 1/5 000 en zones à enjeux, consiste **en une approche naturaliste de type expertise** excluant le recours à des investigations lourdes (sondages, essais de laboratoire, etc.) ainsi qu'à des modélisations spécifiques (trajectographique, hydraulique, etc.).

Les reconnaissances de terrain permettent à partir d'une approche hydrogéomorphologique, d'identifier les indices relatifs aux aléas (indices favorables ou non à leur déclenchement) et d'apporter une précision dans le positionnement des limites de la cartographie des aléas (notamment le positionnement effectif des axes d'écoulement et des zones potentielles de débordement).

La période de référence retenue dans la qualification de l'aléa inondation est le **siècle**.

En complément de cette approche « à dire d'expert », la cartographie des aléas est précisée en intégrant les éléments d'appréciation pertinents issus des études techniques réalisées et analysées par le BRGM au droit du secteur étudié (études SEGC de 2007 et compléments d'étude en l'occurrence).

3.2 DONNEES DES ETUDES ANTERIEURES

Avis technique du BRGM de 2005

Il s'agit de la note 2005 SAR/MAYOTTE 12 : « J.C. Audru, 2005. Avis technique concernant les aléas naturels sur le projet de collège de Bouéni à Bambo-ouest, Mayotte » dont le secteur d'étude est similaire à la présente expertise.

Les principales observations issues de cette note et concernant le présent secteur d'étude sont les suivantes :

- Inondation : ravines de faible bassin versant. Recommandation de drainer le terrain vers l'aval et vers les ouvrages de franchissement ;
- Mouvements de terrain : blocs de phonolite de dimension métrique en sommet de talus. Il est recommandé de purger ces blocs et de maintenir la végétation naturelle.

Cet avis technique du BRGM, concluait que les observations faites au droit des terrains investigués ne remettaient pas en cause l'installation du projet sur le site, sous réserve de suivre les recommandations établies.

3.3 ALEA MOUVEMENTS DE TERRAIN

3.3.1 Reconnaissance de terrain BRGM

Le site présente des pentes assez faibles, autour de 10°, avec quelques talus comportant des pentes de 20°. La morphologie du terrain se dessine en palier d'après les courbes de niveau issues du MNT. Ces zones de replat ont été observées sur le terrain (cf. Figure 10), elles atténueraient le risque de propagation de glissements de l'amont vers l'aval.



Figure 10 – Zones de replat observées au droit du terrain. A gauche, photographie D de la Figure 4. A droite, photographie E de la Figure 4.

Les formations géologiques au droit du secteur d'étude sont relativement homogènes avec des colluvions de quelques mètres d'épaisseur reposant sur des altérites (cf. Figure 8). Ces formations sont favorables aux mouvements de terrain. Elles composeraient l'ensemble du versant du Boungoudravani et pourraient générer des glissements en amont pouvant impacter la partie Sud de la zone d'étude.

Par ailleurs, de nombreux blocs de taille décimétrique à métrique ont été repérés sur la zone d'étude et en amont (cf. Figure 11), qui ne semblent pas présenter de risque de remobilisation puisqu'ils sont ancrés dans le sol.



Figure 11 – Exemple de bloc de taille métrique repéré 20 m en amont de la limite Nord du terrain, localisé en Figure 4.

Ces blocs traduisent également la propagation potentielle des blocs issus du versant dominant et les zones d'arrêt correspondantes. Le secteur où les blocs ont été identifiés correspondent à des terrains de 15° de pente qui correspondent en règle générale à des zones d'arrêt potentielles des masses en mouvement (pas ou peu de propagation possible ni de départ).

Deux zones de départ potentiel de blocs ont été identifiées d'après l'analyse de l'orthophotos et des courbes de niveaux issues du MNT (cf. Figure 12) :

- Zone n°1 : cette zone correspond au sommet du versant culminant à plus de 280 m qui présente deux falaises sub-verticales rocheuses d'une cinquantaine de mètre de haut pouvant générer des chutes de blocs en direction du secteur expertisé. Toutefois, des pentes inférieures à 25° sont identifiées à 200 m en aval de ces falaises, soit sur 500 m avant d'atteindre la limite Nord du secteur d'étude, ce qui permettrait de limiter la propagation des blocs en aval.
- Zone n°2 : le contexte de ce secteur est peu favorable aux chutes de blocs étant donné les pentes observées (de l'ordre de 15°) bien que des formations rocheuses affleurent, comme en témoigne l'orthophotos 2012 de l'IGN (cf. Figure 13).

Le risque de propagation de blocs jusqu'au secteur d'étude est limité, un aléa moyen mouvements de terrain est conservé dans la partie amont du secteur d'étude afin de prendre en compte nos observations et les incertitudes relatives au développement des aléas.

Aucun sondage descendu jusqu'à 9,5 m de profondeur n'a rencontré de nappe sur le site. Néanmoins, cela n'exclut pas la possibilité de la présence d'une nappe d'accompagnement au sein des colluvions, en particulier pendant la saison des pluies.

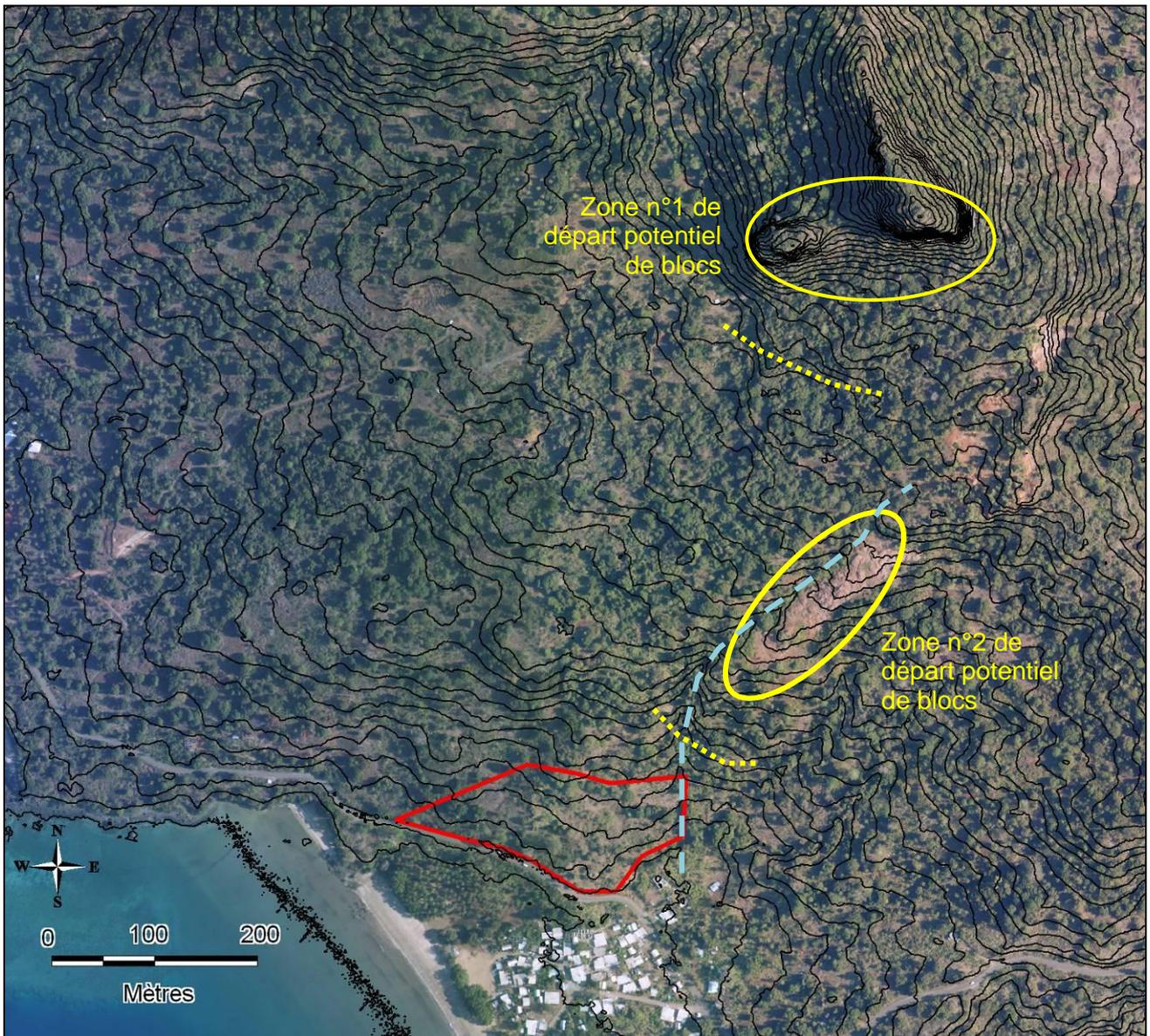


Figure 12 – Contexte morphologique général. En pointillé la limite après laquelle les pentes sont inférieure à 25°. Axe de ravinement en bleu. Courbes de niveau 5 m.



Figure 13 – Vue sur la zone n°2 de départ potentiel de chutes de blocs. Orthophotos de l'IGN 2012. Axe de ravinement en bleu. Courbes de niveau 5 m.

3.3.2 Etudes géotechniques de SEGC

Des prélèvements d'échantillons ont été effectués dans les altérites et les colluvions pour la réalisation de 4 essais de cisaillement à la boîte de Casagrande en l'état consolidé-drainé (Note complémentaire n°3 – Dossier n°1317 – Juillet 2008). Les modalités d'échantillonnage ne sont pas précisées dans le rapport, il semblerait qu'il s'agisse d'échantillon de sub-surface. Les résultats de ces essais sont les suivants et sont localisés en Figure 5 :

Nom de l'échantillon	Matériau	Cohésion effective (KPa)	Angle de frottement effectif (°)
CD1	Altérites	20,0	9,0
CD2	Altérites	8,9	30,0
CD3	Colluvions	11,1	20,8
CD4	Colluvions	27,6	21,6

Figure 14 – Résultats d'essais de cisaillement à la boîte de Casagrande réalisés par SEGC. En rouge les valeurs les plus défavorables mesurées à retenir pour le type de matériau concerné.

SEGC remarque que les résultats de l'essai CD1 montrent un angle de frottement faible (9°) qui n'est pas représentatif du matériau analysé. Cela serait dû à un remaniement de l'échantillon lors de sa préparation.

Ces mêmes essais ont également été réalisés par le laboratoire de la Direction de l'Équipement (nouvellement DEAL) en novembre 2002, qui ont été intégrés à l'étude de SEGC et sont localisés en Figure 5 :

Nom de l'échantillon	Matériau	Cohésion (kPa)	Angle de frottement interne (°)
CDA	Colluvions	4,00	29,00
CDB	Colluvions	3,17	21,33
CDC	Colluvions	1,46	18,56

Figure 15 – Résultats d'essais de cisaillement à la boîte de Casagrande par la DEAL. En rouge les valeurs les plus défavorables mesurées à retenir pour le type de matériau concerné.

L'étude SEGC indique que le profil du terrain naturel est stable dans son ensemble d'après leur coefficient de sécurité obtenu (Γ_{\min} de 1,10) (Note complémentaire – Dossier n°1201 – Janvier 2008). Une pente de 11% continue a été considérée avec une épaisseur de colluvions constante de 3 m reposant sur les altérites.

Les coefficients partiels utilisés par SEGC doivent être supérieur à 1 pour indiquer une situation de stabilité.

Les hypothèses retenues par SEGC dans ses modélisations pour les caractéristiques mécaniques des formations en place sont les suivantes :

	Altérites**	Colluvions
Cohésion C'	14,00 kPa	1,46 kPa
Angle frottement ϕ'	31,00°	18,56°

Masse volumique*	17 kN/m ³	16 kN/m ³
------------------	----------------------	----------------------

Figure 16 – Caractéristiques géotechniques des matériaux utilisées pour le profil de stabilité. * : Valeurs estimées. ** : Données extraites du rapport SEGC n°1154 (Gymnase Sada) dans le même matériau.

Des profils de stabilité ont également été établis en tenant compte de la mise en place de plateformes nécessitant des remblais conséquents. Les simulations réalisées par SEGC indiquent une instabilité dans ce cas de figure. Les cercles de rupture concernent soit les remblais, soit les colluvions, avec une instabilité croissante avec l'épaisseur des remblais. SEGC déconseille la mise en œuvre de remblais et recommande d'ancrer les bâtiments uniquement dans les altérites.

Remarques BRGM :

Une incertitude persiste sur la pertinence des valeurs obtenues lors des essais de cisaillement, étant donné le mode de prélèvement lié à la réalisation des sondages à la tarière qui ne garantit pas la prise d'échantillons intacts conformément aux normes en vigueur.

Les valeurs retenues par le bureau d'études pour les calculs de stabilité pour les colluvions correspondent aux résultats des essais les plus défavorables, ce qui va toutefois dans le sens de la sécurité.

En revanche, pour les altérites les valeurs utilisées ont été extrapolées d'un autre site (Sada – Dossier n°1154), sans tenir compte des valeurs obtenues suite aux investigations réalisées pour le site de Bambo Ouest qui sont plus défavorables (cf. Figure 14). Les valeurs considérées correspondent toutefois aux paramètres fréquemment retenues pour les altérites de ce type (cf. rapport BRGM/RP-59742-FR).

Le modèle géologique retenu pour le profil de stabilité est pertinent. L'étude BRGM/RP-577715-FR qui a établi 4 profils SASW¹ et 9 mesures de bruit de fond sismique confirme la répartition homogène des couches géologiques. En revanche une pente de 11 % a été considérée pour l'ensemble du profil alors que la partie Ouest du secteur présente des pentes amont de 25 % et aval de plus de 15%. Il aurait été également intéressant de prendre en compte le talutage au niveau de la voirie dans la topographie du profil. Le bureau d'études ne semble pas avoir pris en compte le profil géométrique le plus défavorable.

Le paramètre sismique a été considéré dans leur profil avec la prise en compte d'un coefficient d'accélération horizontale ($C_{ah} = 0,25$) et verticale ($1+C_{av} = 0,25$) qui se réfère aux règles PS92. Depuis l'arrêté du 22 octobre 2010, il faut tenir compte de l'accélération nominale pour les calculs de stabilité (de 1,32 m/s² selon l'étude BRGM/RP-61593-FR).

Dans une logique de cartographie des aléas, on regrettera également l'absence de vérification de la stabilité des terrains en intégrant la situation accidentelle d'une forte pluie (saturation des terrains), qui constitue, pour ce type de formation, une des situations les plus défavorables pouvant conduire à une instabilité.

Le BRGM recommande de ne pas mettre en œuvre de remblais et d'ancrer le bâtiment de préférence uniquement dans les altérites.

¹ SASW : Spectral Analysis of Surface Waves – Analyse spectrale des ondes de surface

Aucune proposition de modification de la cartographie des aléas n'est apportée par SEGC. Malgré les incertitudes relevées, les résultats des calculs de stabilité effectués par SEGC permettent d'apporter des éléments d'appréciation supplémentaires pour la cartographie des aléas mouvements de terrain.

3.3.3 Proposition de cartographie de l'aléa mouvements de terrain

A partir des observations de terrains et suite à l'analyse de l'étude SEGC (dossier n°1201) au droit du site de Bambo Ouest, les principales modifications de la cartographie de l'aléa mouvements de terrain retenues sont les suivantes (cf. Figure 20) :

- Modification de la limite Sud de l'aléa en fonction de la topographie du site. Des zones de replat ont été identifiées permettant de limiter la propagation des mouvements de terrain vers l'aval. En revanche, les formations géologiques étant favorables aux glissements de terrain et le secteur en amont du site expertisé présentant des pentes plus fortes avec une lithologie identique et des blocs de taille décamétrique en sub-surface, cela amène à conserver *a minima* un aléa moyen.
- Application d'un aléa modéré mouvements de terrain indifférenciés pour la partie Sud du secteur d'étude jusqu'à la voirie puisque le talus au niveau de la route présente par endroit une érosion importante.

3.4 ALEA INONDATION

➤ Ravine Ouest

Cette ravine a été identifiée sur le terrain et son tracé a été obtenu à partir de levés GPS au droit du secteur d'étude et par l'analyse de la topographie issue du MNT pour sa partie amont.

La ramification Ouest n'a pas été observée et aucune trace de ravinement n'a été identifiée le jour de la visite de terrain. Les courbes de niveau issues du MNT indiquent que cet axe d'écoulement serait indépendant et qu'il longerait la limite Ouest du terrain jusqu'à la route, voire en contre-bas de celle-ci.

La ravine ne présente par conséquent aucune ramification en amont, et son lit mineur, identifié sur le terrain, a une largeur inférieure à 1 m.

Une buse de 1 m de diamètre permet le franchissement de la voirie à l'aval (cf. Figure 17). Il sera nécessaire de vérifier le bon dimensionnement de cet ouvrage pour des crues d'occurrence centennale. Bien que le jour de la visite de terrain le caniveau n'était pas obstrué, il est nécessaire de rappeler que l'entretien des ouvrages hydrauliques est indispensable pour assurer leur capacité maximale.



Figure 17 – A gauche, vue de la ravine Ouest au centre du terrain étudié (photographie F de la Figure 4). A droite, vue aval de la ravine Ouest, une buse permet le franchissement des eaux sous la voirie (photographie G de la Figure 4).

➤ Ravine centrale

Cette ravine est peu marquée topographiquement d'après les courbes de niveau issues du MNT et nos observations de terrain. Quelques blocs basaltiques sont présents dans le lit mineur de la ravine en partie aval qui ont permis de suivre l'axe d'écoulement (cf. Figure 18). Sa continuité dans la partie Nord du terrain n'a pas été identifiée le jour de la visite de terrain. Au vu de la morphologie du terrain et de ces observations, cet axe de ravinement débiterait dans la partie centrale du terrain. La superficie de son bassin versant est limitée et la largeur du lit mineur identifié sur le terrain est inférieure à 1 m.

Une buse de 1 m de diamètre permet le franchissement de la voirie (cf. Figure 18). Il sera nécessaire de vérifier le bon dimensionnement de cet ouvrage pour des crues d'occurrence centennale en prenant compte de la redirection des eaux pluviales le long de la voirie. L'entretien de ces ouvrages hydrauliques sera indispensable pour assurer leur capacité maximale.



Figure 18 – A gauche, ravine centrale peu marquée comportant quelques blocs dans son lit (photographie H de la Figure 4). A droite, buse permettant le franchissement des eaux de la ravine centrale sous la voirie (photographie I de la Figure 4).

3.4.1 Proposition de cartographie de l'aléa inondation

A partir des observations de terrains et de l'analyse du MNT, les modifications apportées à l'aléa inondation par débordement de cours d'eau ou ravines sont les suivantes :

- Repositionnement des axes d'écoulement des ravines traversant le secteur d'étude à partir de levés GPS, ainsi que des courbes de niveau issues du MNT pour la partie amont de la ravine Ouest ;
- La ramification de la ravine ouest est modifiée en un axe de ruissellement indépendant puisque aucune trace de ruissellement n'a été observée et que les courbes de niveau indiquent un axe préférentiel de direction des écoulements ;
- Application d'une zone tampon de 5 m de part et d'autres de l'axe d'écoulement des ravines car leur bassin versant sont limités spatialement, que leur lit mineur ne dépasse pas 1 m de large et qu'ils ne présentent pas de ramification développée en amont.

3.5 PRECISION DE LA CARTOGRAPHIE DES ALEAS D'APRES LE PRESENT AVIS

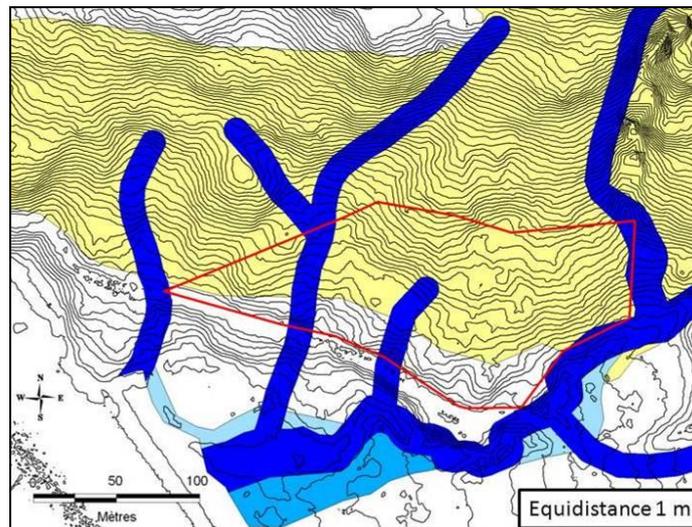


Figure 19 – Cartographie initiale des aléas extrait des atlas des aléas.

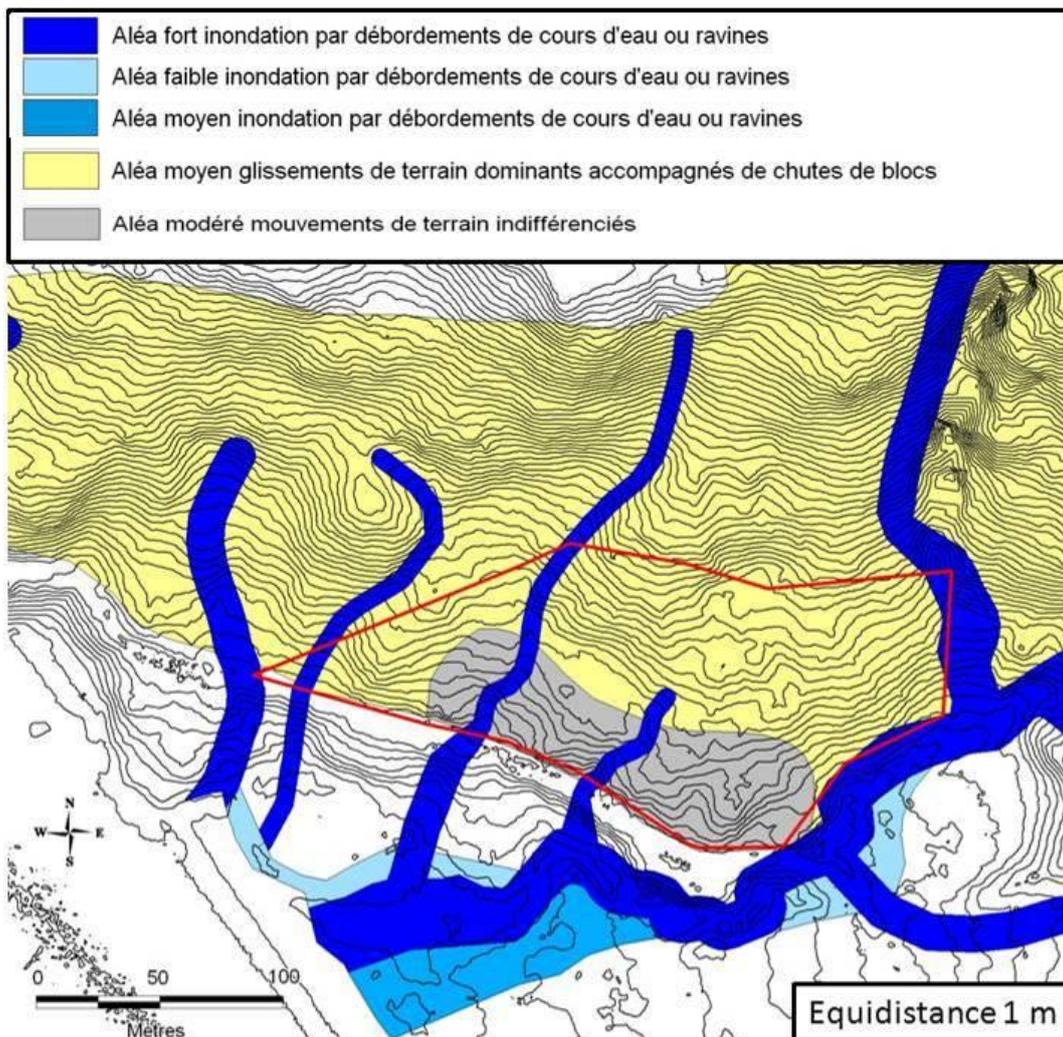


Figure 20 – Cartographie de l'aléa mouvements de terrain et inondation par débordement de cours d'eau ou ravines d'après le présent avis.

4. Recommandations et conclusion

L'étude de précision des aléas mouvements de terrain et inondation, effectuée par le BRGM sur un terrain de près de 3,5 ha dans le cadre d'un projet de construction d'un établissement scolaire à Bouéni, a permis de déclasser une partie des terrains en aléa modéré et de préciser le zonage de l'aléa inondation.

Dans le cadre de la conception et de la réalisation du projet de construction, le BRGM recommande :

1. De préciser la stabilité des terrains en tenant compte de nos remarques (cf. 3.2.2.) afin de s'assurer de la faisabilité du projet et si nécessaire de définir les mesures de protection adaptées
2. De conserver une végétation dense au droit des terrains non bâtis, afin de limiter l'érosion et ses conséquences ;
3. De mettre en place un système de gestion des eaux pluviales adapté afin de limiter le ruissellement diffus (collecte et rejet vers des exutoires correctement dimensionnés) ;
4. De dimensionner les ouvrages hydrauliques par un bureau d'étude spécialisé et pour des crues d'occurrence centennale tel que prescrit dans les PPR ;
5. De dimensionner les ouvrages de soutènement par un bureau d'étude spécialisé afin de garantir la stabilité des plateformes soutenues. Il faudra prévoir en particulier un mur de soutènement le long de la voirie étant donnés les désordres identifiés ;
6. D'ancrer les bâtiments dans les altérites et d'éviter la mise en place de remblais.



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