



# Rapport d'expertise :

# Expertise de blocs rocheux menaçant le village de Passi-Kéli

**BRGM/RP-61554-FR** 

Septembre, 2012

Cadre de l'expertise :

Appuis aux administrations

V

Appuis à la police de l'eau

Date de réalisation de l'expertise : Septembre 2012

Localisation géographique du sujet de l'expertise : Passi-Kéli (Mayotte)

**Auteurs BRGM: D. Tardy** 

Demandeur: DEAL de Mayotte





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: 04/10/2012

#### Vérificateur :

Nom : S. Bès de Berc Date : 01/10/12

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

**Mots clés** : expertise – appuis aux administrations – aléa – chutes de blocs – Passi-Kéli – Kani-Kéli – Mayotte

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

D. Tardy (2012) – Expertise de blocs rocheux menaçant le village de Passi-Kéli, Rapport final. Rapport BRGM/RP-61554-FR. 14 p., 10 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: DEAL de Mayotte

Nature de l'expertise : expertise du risque de chutes de blocs

Situation du sujet : Passi-Kéli sur la commune de Kani-Kéli à Mayotte

Nature de l'intervention du BRGM : visite de terrain le 12 septembre 2012 en présence de S. Bès de Berc (Directrice Régionale du BRGM de La Réunion), P. Dutartre (Directeur de l'Appui aux Politiques Publiques du BRGM), D. Tardy (Ingénieur Risques Naturels du BRGM de Mayotte), S. Eymard (DEAL de Mayotte) et M. Equoy (DEAL de Mayotte).

#### Faits constatés :

Des blocs massifs de phonolite de taille décamétrique menacent le village de Passi-Kéli sur la commune de Kani-Kéli (2 blocs situés à mi-pente et un au sommet). Ces blocs ont fait l'objet d'une expertise par le BRGM en 2005 (Note 2005 SAR/MAYOTTE 13) qui concluait à leur instabilité sous de fortes pluies ou sous l'effet d'un séisme. Des propositions de sécurisation avaient été faites, mais aucun aménagement ou traitement des blocs n'a été réalisé à ce jour. Le BRGM est de nouveau sollicité pour expertiser ces blocs, et pour proposer des solutions de sécurisation tenant compte des évolutions de la situation depuis les observations réalisées en 2005.

### Diagnostic du BRGM :

Deux méga-blocs (~ 4x4x4 m) sont situés à mi-pente dans le versant Sud du Mronabéja, sommet culminant à 200 m au-dessus du village de Passi-Kéli.

Les blocs reposent sur des formations volcaniques anciennes très altérées et déstructurées, facilement érodables par le ruissellement des eaux pluviales. Ce phénomène d'érosion régressive est particulièrement marqué à l'interface entre les blocs très massifs et leur soubassement argileux, et se traduit par un lessivage important du soubassement des blocs avec excavation de la partie aval.

Ce phénomène est fortement accentué lors de la saison humide. Sa poursuite aura probablement pour conséquence le basculement des blocs vers l'aval. La pente moyenne du versant Sud de ce relief étant de l'ordre de 25°, il est fort probable qu'en cas de basculement des blocs, ceux-ci prennent de la vitesse dans la pente et roulent jusqu'au village de Passi-Kéli.

A ce jour nous n'avons pas suffisamment d'éléments permettant d'évaluer la vitesse d'érosion et de lessivage des formations constituant le soubassement des blocs, et donc l'accélération du phénomène et l'imminence d'un basculement. Cependant, nous ne pouvons exclure le basculement de ces blocs lors d'un événement pluvieux intense ou d'une secousse sismique ou encore le basculement provoqué par la chute d'un plus petit bloc provenant de l'amont.

Si ces blocs devaient prendre de la vitesse, il est fort probable au vu de leur volume, de leur forme, et de la morphologie de la pente à l'aval, qu'ils atteignent le village en contrebas mettant en danger les habitants.

Les blocs localisés en partie sommitale ne présentent à priori pas de risque visuellement identifié à court terme puisqu'ils constituent un ensemble massif sain et puisqu'aucun indice d'instabilité n'a été relevé le jour de la visite de terrain. Toutefois, un des blocs s'est détaché de cet ensemble, mais la morphologie du terrain le ferait débouler sur le versant Nord du Mronabéja et ne constitue donc pas une menace directe pour le village.

#### **Recommandations du BRGM:**

Concernant les blocs à mi-pente, la nature des formations géologiques altérées constituant leur substratum exclue la possibilité de sécuriser la zone par un renforcement de l'assise.

Les parades passives (type gabion en pied de pente) ne semblent pas non plus adaptées étant donnée la taille des blocs et l'énergie qu'ils pourraient libérer lors de leur chute.

Il apparaît donc nécessaire d'éliminer les blocs situés dans le versant, soit en les détruisant in-situ, soit en provoquant volontairement leur chute vers l'aval. Pour la première solution, les difficultés d'accès au site et Mayotte ne disposant pas de moyens d'héliportage, il sera nécessaire de prévoir un traitement par des méthodes légères (manuelles) en fragmentant les blocs sur place. Cette intervention nécessitera d'analyser l'impact des blocs au niveau du village. La deuxième solution, aura certainement pour impact l'endommagement voir la destruction d'habitations situées dans la trajectoire des blocs.

Concernant les blocs en partie sommitale, un diagnostic annuel est recommandé afin de suivre leur évolution après chaque saison des pluies (affouillement à la base, altération du substratum...).

Le BRGM recommande d'intervenir le plus rapidement possible sur les blocs localisés dans le versant, en l'occurrence, avant la prochaine saison des pluies (novembre 2012).

# Sommaire

1.	Contexte de l'étude	6
	Situation du site	
	2.1 CONTEXTE MORPHOLOGIQUE ET GEOLOGIQUE  2.1.1 Contexte morphologique  2.1.2 Contexte géologique	7
3.	Faits constatés	g
	3.1 BLOC 1 DU VERSANT	9
	3.2 BLOC 2 DU VERSANT	11
	3.3 BLOC 3 EN PARTIE SOMMITALE	11
4.	Diagnostic, solutions de sécurisation et recommandations	12

#### 1. Contexte de l'étude

Le maire de la commune de Kani-Kéli interpelle régulièrement les autorités compétentes au sujet de blocs qui surplombent le village de Passi-Kéli. Ce cas a fait l'objet d'une expertise BRGM en 2005 concluant que de fortes pluies ou un séisme seraient à même de déstabiliser ces blocs. Il avait été préconisé comme action immédiate de conforter et protéger l'assise des blocs par maçonnerie. Depuis cette expertise, aucune solution de sécurisation n'a été réalisée, ni même d'aménagement hydraulique pour gérer les eaux pluviales. De ce fait, la DEAL de Mayotte a sollicité le BRGM en 2012 pour expertiser de nouveau ces blocs afin d'évaluer leur évolution depuis 2005 et proposer des solutions de sécurisation suivant le contexte actuel.

#### 2. Situation du site

Le secteur d'étude se situe sur le village de Passi-Kéli, appartenant à la commune de Kani-Kéli. Ce village est situé au Sud de l'île. Le relief Mronabéja surplombe le village au Nord Est avec une altitude de 200 m. Les blocs faisant l'objet de la présente expertise se situent sur le flanc sud de ce relief et dans une pente de 25° en moyenne en direction du village (cf. Figure 1).

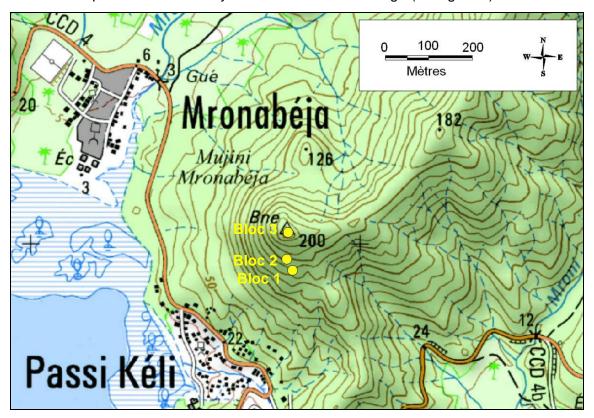


Figure 1 – Localisation des blocs (en jaune). Extrait du Scan25 de l'IGN.

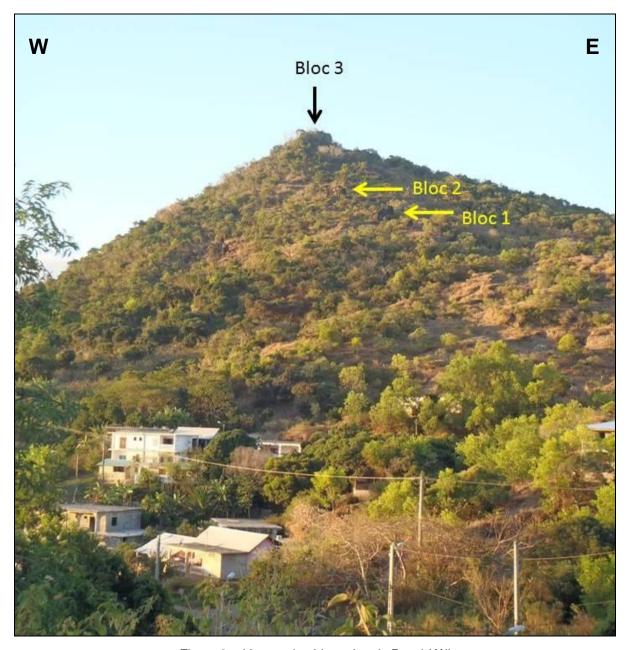


Figure 2 – Vue sur les blocs depuis Passi-Kéli.

#### 2.1 CONTEXTE MORPHOLOGIQUE ET GEOLOGIQUE

#### 2.1.1 Contexte morphologique

Les blocs diagnostiqués sont localisés sur le flanc sud et au sommet du mont Mronabéja. Ce relief culmine à une altitude de 200 m, et est caractérisé par un flanc sud avec une pente moyenne de 25°. La morphologie du relief peut être divisée en deux secteurs avec en partie amont des pentes plus fortes autour de 30° et en aval autour de 20°. On peut noter la présence de paliers de quelques mètres de largeur dans la pente.

Les blocs 1, 2 et 3 se situent à des altitudes respectives de 130, 145 et 200 m NGM. Leur positionnement géographique a été obtenu à partir de levés GPS sur le terrain (précision 5 m).

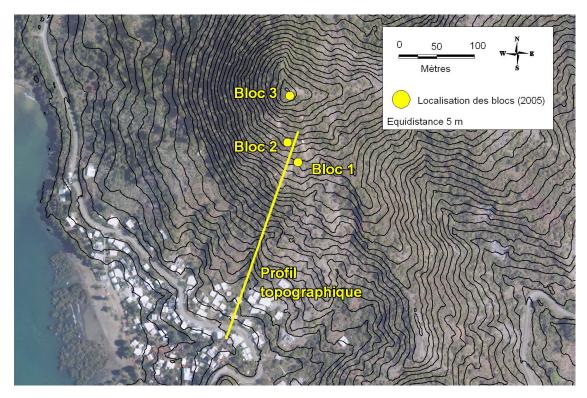


Figure 3 – Topographie du site d'étude avec localisation des blocs et des profils topographiques de la Figure 4. Equidistance 5 m. Fond orthophotos de l'IGN.

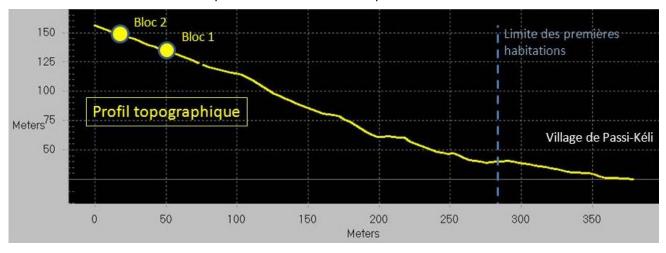


Figure 4 – Profil topographique de la Figure 3

#### 2.1.2 Contexte géologique

Le relief Mronabéja est constitué d'une alternance de coulées (cf. Figure 5), de niveaux scoriacés ainsi que de brèches volcaniques. L'ensemble de ces formations géologiques est fortement altéré, conséquence du régime tropical de l'île. Cette altération confère aux formations une forte composante argileuse facilement érodable et des caractéristiques géotechniques médiocres. Le ruissellement des eaux pluviales sur ces formations génère une forte érosion régressive et le lessivage des formations.



Figure 5 – Affleurement de formations volcaniques altérées sur le versant Sud du Mronabéja.

Le sommet du relief est formé de phonolite très massive saine et résistante qui se débite en gros blocs. Ces blocs se sont propagés sur les pentes du Mronabéja et quelques uns ont atteints le village de Passi-Kéli (avant sa construction d'après les témoignages des villageois). Les blocs présents dans le versant et au sommet font l'objet de la présente étude.

#### 3. Faits constatés

De nombreux blocs décamétriques ont été repérés au sein du village de Passi-Kéli, ils témoigneraient du démantèlement du relief Mronabéja.

La visite de terrain s'est effectuée au droit du versant Sud du Mronabéja, en amont du village jusqu'au sommet. Sur ce flanc, de nombreux blocs massifs et peu altérés ont été identifiés comme potentiellement menaçant, dont trois en particulier au vue de leur taille décamétrique (Bloc 1, Bloc 2 et Bloc 3) et qui avaient fait l'objet de la note de 2005. Bien que l'étude se concentre sur ces méga-blocs, les autres blocs en position d'instabilité devront être considérés lors de la phase de sécurisation.

La présence de paliers de quelques mètres de largeur dans la pente, observée à partie du MNT et sur le terrain pourrait atténuer la vitesse des blocs s'ils devaient s'ébouler. Les blocs 1 et 2 auraient tendance à se diriger vers le village selon les courbes de niveau issues du MNT (cf. Profil 1 de la Figure 3). En revanche, il n'est pas possible d'extrapoler la trajectographie du bloc 3 à partir du MNT puisque celui-ci est localisé au sommet, seule une visite de terrain permettra d'en juger.

#### 3.1 BLOC 1 DU VERSANT

Le premier bloc expertisé, Bloc 1, est situé sur le versant Sud du Mronabéja (cf. Figure 3). Il a une forme assez allongée qui pourrait limiter sa propagation vers l'aval en cas de basculement. En revanche, il repose sur des formations fortement altérées, déstructurées et donc très friables. Ce soubassement a été lessivé et creusé par le ruissellement des eaux pluviales. On observe également un axe d'écoulement en dessous du bloc à l'interface du bloc et de son soubassement (cf. Figure 6).

La partie supérieure du bloc s'est délitée selon un plan de glissement montrant un décalage de quelques dizaines de centimètres mais qui ne semble pas s'être déplacée depuis 2005 (cf. Figure

7). A noter que le plan de glissement est dans le sens de la pente, ce qui accentue le risque de chute et de propagation vers l'aval.



Figure 6 - A gauche, vue aval du Bloc 1 reposant sur des formations très altérées et fissurées. A droite, formations altérées sous le bloc 1 présentant un creusement et des traces de ruissellement. Les eaux de ruissellement qui arrivent de la partie amont s'écoulent sous le bloc et ressurgissent à cet endroit (flèche rouge).

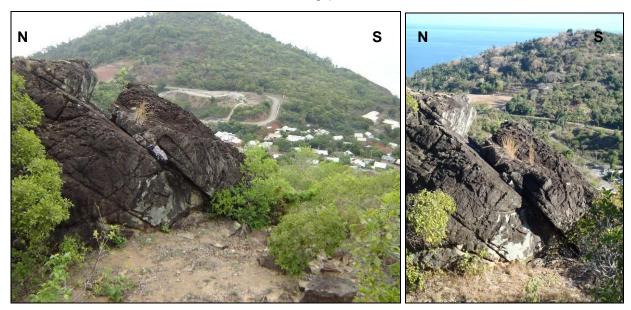


Figure 7 – Vue vers le Sud du bloc 1 (à gauche en 2005, à droit en 2012). On aperçoit en bas le village de Passi Kéli.

#### 3.2 BLOC 2 DU VERSANT

Le second bloc, Bloc 2, se situe à une trentaine de mètres au-dessus du premier (cf. Figure 3). Celui-ci est de forme arrondie, ce qui favoriserait sa prise de vitesse dans la pente en cas de basculement. Le soubassement de ce bloc est décapé sur plus d'un mètre sous le bloc. La poursuite de ce lessivage pourrait déclencher le basculement du bloc (cf. Figure 8). Son basculement pourrait être également provoqué par la chute d'un plus petit bloc provenant de l'amont. En revanche, sa partie Ouest repose sur un autre bloc qui peut potentiellement bloquer son glissement.

Il a été noté que la partie amont du bloc présente une patine plus claire qui laisse entendre que le bloc se serait déchaussé de l'encaissant.



Figure 8 – Photographies du bloc 2. On note le recul de son soubassement d'environ 1,5 m (flèche rouge).

#### 3.3 BLOC 3 EN PARTIE SOMMITALE

La partie sommitale du relief est composée d'un massif de phonolite qui se débite en blocs plurimétriques (cf. **Erreur! Source du renvoi introuvable.**). Au niveau de la partie nord de ce massif, un méga-bloc se sépare largement de l'ensemble, il constitue un risque de chute.

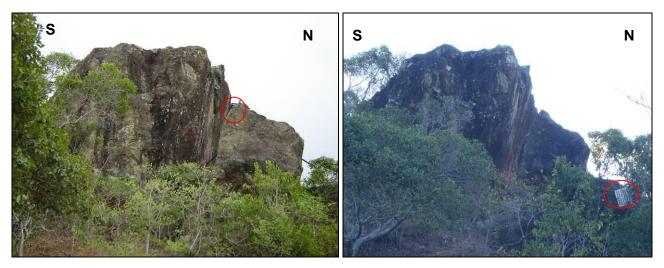


Figure 9 – Photographies du Bloc 3 au sommet du Mronabéja. A gauche, photographie de 2005. A droite, photographie de 2012. Borne géodésique entourée en rouge qui sert d'échelle.

La base de ces blocs est caractérisée par des roches fracturées peu altérées (cf. Figure 10). D'après la note de 2005, la borne géodésique était située dans la fissure qui témoignerait d'une instabilité récente (cette borne est actuellement dans la végétation). D'après les photographies de 2005 et celles de 2012, il ne semble pas y avoir eu de déplacement du bloc Nord.

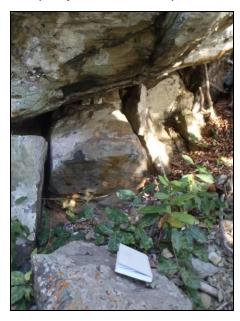


Figure 10 – Base du Bloc 3 de la partie sommitale du Mronabéja constituée de roches fracturées.

Par ailleurs, sa localisation et la topographie indique qu'en cas d'instabilité il se dirigerait sur le flanc Nord du Mronabéja, et donc ne constituerait à priori pas une menace directe pour le village de Passi-Kéli. Toutefois, son suivi est indispensable aux vue de l'expansion démographique de l'ile, des habitations pourraient en effet se développer en contre-bas du flanc Nord.

# 4. Diagnostic, solutions de sécurisation et recommandations

Deux méga-blocs (blocs 1 et 2) de phonolite très massive (env. 4x4x4 m) menacent le village de Passi-Kéli. Ces blocs reposent sur des formations plus tendres, très altérées et friables. La différence de compétence entre ce soubassement et les blocs massifs se traduit par une forte érosion régressive lors du ruissellement des eaux pluviales, le soubassement s'affouillant sous les

blocs. Au vu de leur taille et de leur poids (environ 150 tonnes) et de la topographie du site (pentes de l'ordre de 25° en moyenne), les blocs pourraient en cas de basculement prendre de la vitesse et se propager jusqu'au village.

La nature des formations géologiques altérées constituant le substratum des blocs exclue la possibilité de sécuriser la zone par un renforcement de l'assise.

Les parades passives (type gabion en pied de pente) ne semblent pas non plus adaptées étant données la taille des blocs et l'énergie qu'ils pourraient libérer lors de leur chute.

Il apparaît donc nécessaire d'éliminer les blocs situés dans le versant, soit en les détruisant in-situ, soit en provoquant volontairement leur chute vers l'aval.

Pour la première solution, les difficultés d'accès au site (pas de pistes d'accès) et Mayotte ne disposant pas de moyens d'héliportage suffisant, la fragmentation par explosif semble difficilement applicable. Il sera nécessaire de prévoir un traitement par des méthodes légères (manuelles) en fragmentant les blocs sur place. Cette intervention nécessitera d'analyser l'impact des blocs au niveau du village en cas de chute.

La deuxième solution, aura certainement pour impact l'endommagement voir la destruction d'habitations situées dans la trajectoire des blocs.

Concernant les blocs en partie sommitale, un diagnostic annuel est recommandé afin de suivre leur évolution après chaque saison des pluies (affouillement à la base, altération du substratum...).

Le BRGM recommande d'intervenir rapidement, au mieux avant la prochaine saison des pluies, sur les blocs situés dans le versant (Blocs 1 et 2 et quelques blocs déchaussés dans la pente) puisqu'ils menacent le village d'après la topographie du site, et que des indices d'instabilités ont été relevés (érosion régressive, ruissellement, déplacement des blocs).



Centre scientifique et technique Direction Régionale du BRGM de Mayotte 3, avenue Claude-Guillemin 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